

FACULDADE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DE ENERGIA E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

DAVI KAZUAKI COELHO KIMURA

**APLICAÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR PARA PROJETOS E
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**

Campinas - SP

2021

FACULDADE ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DE ENERGIA E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

DAVI KAZUAKI COELHO KIMURA

**APLICAÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR PARA PROJETOS E
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**

Trabalho de Graduação, apresentado por Davi Kazuaki Coelho Kimura, como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Energia e Eficiência Energética da Faculdade de Tecnologia Campinas, elaborado sob a orientação do Prof. Henrique Antônio Mielli Camargo.

Campinas - SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
CEETEPS - FATEC Campinas - Biblioteca

K49a

KIMURA, Davi Kazuaki Coelho

Aplicações da economia circular para projetos e sistemas fotovoltaicos.
Davi Kazuaki Coelho Kimura. Campinas, 2021.

84 p.; 30 cm.

Trabalho de Graduação do Curso de Gestão de Energia e Eficiência Energética – Faculdade de Tecnologia de Campinas.

Orientador: Prof. Me. Henrique Antônio Mielli Camargo.

1. Sustentabilidade. 2. Economia circular. 3. Empreendedorismo. 4. Novos modelos de negócio. I. Autor. II. Faculdade de Tecnologia de Campinas. III. Título.

CDD 621.47

Catálogo-na-fonte: Bibliotecária: Aparecida Stradiotto Mendes – CRB8/6553
TG GEEE 21.2

DAVI KAZUAKI COELHO KIMURA

**APLICAÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR PARA PROJETOS E
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

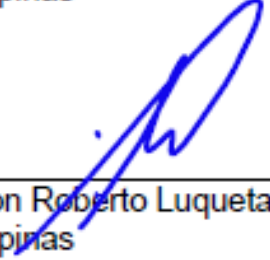
Trabalho de Graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Energia e Eficiência Energética pelo CEETEPS/Faculdade de Tecnologia – Fatec Campinas.

Campinas, 30 de novembro de 2021.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Henrique Antônio Mielli Camargo
Fatec Campinas



Prof. Gerson Roberto Luqueta
Fatec Campinas



Prof. Rosani Gardin
Fatec Campinas

DEDICATÓRIA

“A meus pais, familiares, amigos e a todos os professores que foram grandes incentivadores e sempre acreditaram em meus sonhos.”

AGRADECIMENTOS

A meus pais, Marcos Kimura e Veronica Kimura que me incentivam e auxiliam todos os dias, e apesar de todas as dificuldades, ajudam-me na realização de grandes objetivos e metas.

A meu irmão Pedro Kimura sendo sempre minha maior alegria.

A todos meus amigos que estão ao meu lado, apoiando-me e fazendo parte dessa longa jornada.

Ao meu Professor Orientador Henrique Antonio Mielli Camargo, pela dedicação e empenho dado ao acompanhamento e orientação ao meu projeto de pesquisa.

Ao professor e Coordenador do curso Fábio Aurélio Bonk por toda atenção e suporte durante os anos letivos.

“Não importa o que seja, não há nada que não possa ser feito. Se existe Determinação, podemos mover o céu e a terra de acordo com nossos desejos.”

YAMAMOTO

TSUNETOMO

RESUMO

Todos os dias, surgem novas soluções que levam a sociedade ao progresso, a mudança de uma era acontece quando uma série de desenvolvimentos fortalece um novo padrão e mudam significativamente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Uma das mudanças mais importantes para a sociedade foi a utilização de energia elétrica para atividades socioeconômicas, seja em processos industriais, sistemas de iluminação dentre outros. A evolução tecnológica desenvolveu novos produtos e com eles, as relações comerciais aumentaram drasticamente, ocasionando uma alta demanda de abastecimento energético dentro desses processos. Junto a isso, grande parte do abastecimento energético dessas atividades é dada pela intensa extração de recursos não renováveis encontrados em nosso planeta, como o caso de combustíveis fósseis, podendo citar o carvão mineral, gás natural e combustíveis derivados do petróleo. Estes modelos de abastecimento energético por meio de fontes não renováveis de energia, cujo crescimento é diretamente proporcional à exploração e extração de recursos naturais, ocasionaram um desgaste das reservas naturais, provocando a escassez de recursos e a indisponibilidade de matéria-prima para a indústria, não considerando os impactos deixados para trás. Podemos definir essa maneira de consumo como Economia Linear, um modelo de produção baseado na extração, produção, uso e descarte de recursos e materiais. Com isso, vemos que a demanda energética aumenta para suprir o crescimento populacional, e o desenvolvimento tecnológico contribui para aperfeiçoar processos, dando origem a meios alternativos e sustentáveis de geração de energia elétrica, sem prejudicar nosso planeta através de fontes renováveis encontradas com abundância, onde dentro desses meios de geração, uma das alternativas a se optar são os Sistemas Fotovoltaicos. E visando solucionar grandes consequências ocasionadas com a produção de energia por meios não renováveis, como também atingir uma maior otimização dos processos, aumentando a eficiência, durabilidade e acessibilidade dos Sistemas Fotovoltaicos, uma solução estaria em lhes aplicar diferentes técnicas e conceitos de um modelo de Economia Circular. O que permitiria a criação de novas oportunidades de negócios, promovendo novas relações nas cadeias produtivas com a utilização desses produtos como serviços, estendendo a vida útil, promovendo sistemas inteligentes, através da virtualização, entre outras variadas possibilidades, onde através desses, e demais vantagens, teríamos uma grande contribuição com o empreendedorismo, o que enriqueceria e economia de determinada atmosfera social como um todo, de maneira limpa e sustentável.

ABSTRACT

Every day, new solutions emerge that lead society to progress, the change of an era happens when a series of developments strengthen a new standard and significantly change the way we live, work, and relate to each other. One of the most important changes for society was the use of electricity for socio-economic activities, whether in industrial processes, lighting systems, among others. Technological evolution has developed new products, and with them, commercial relations have increased dramatically, causing a high demand for energy supply within these processes. Along with this, a large part of the energy supply for these activities is given by the intense extraction of non-renewable resources found on our planet, as is the case of fossil fuels, such as coal, natural gas, and fuels derived from petroleum. These models of energy supply through non-renewable sources of energy, whose growth is directly proportional to the exploration and extraction of natural resources, have caused a depletion of natural reserves, causing the scarcity of resources and the unavailability of raw materials for industry, not considering the impacts left behind. We can define this way of consumption as Linear Economics, a production model based on the extraction, production, use, and disposal of resources and materials. With this, we see that the energy demand increases to meet the population growth, and the technological development contributes to improve processes, giving rise to alternative and sustainable means of generating electricity, without harming our planet through renewable sources found in abundance, where within these means of generation, one of the alternatives to choose from are the photovoltaic systems. And aiming to solve great consequences caused with the production of energy by non-renewable means, as well as to achieve a greater optimization of the processes, increasing the efficiency, durability and accessibility of the Photovoltaic Systems, a solution would be in applying different techniques and concepts of a Circular Economy model. What would allow the creation of new business opportunities, promoting new relations in the productive chains with the use of these products as services, extending the useful life, promoting intelligent systems, through virtualization, among other varied possibilities, where through these, and other advantages, we would have a great contribution with entrepreneurship, which would enrich the economy of a certain social atmosphere as a whole, in a clean and sustainable way.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lâmpada Incandescente.....	17
Figura 2- Usina Termelétrica de Pecém II.	18
Figura 3 - Sistemas Fotovoltaicos.....	20
Figura 4 - Vagas de emprego relacionado à energia renovável por tecnologia.....	21
Figura 5- Empregos para energia renovável nos países e regiões selecionados.	21
Figura 6 - Estimativa de empregos diretos e indiretos em energia renovável no mundo por setor e por tecnologia.....	22
Figura 7 - Dimensões proporcionais do Sol e planetas do sistema solar.	23
Figura 8 - Temperatura do Sol (em graus Celsius).	23
Figura 9 - Composição do espectro da radiação solar.	24
Figura 10 - Mapa de Irradiação Solar no Território Brasileiro.....	26
Figura 11 - Influência da irradiação na curva I x V do módulo.....	27
Figura 12 - Influência da temperatura na tensão de saída do módulo.....	27
Figura 13 - Órbita da terra em torno do Sol.....	28
Figura 14 - Ângulo de correção de acordo com a localização geográfica.	29
Figura 15 – Orientação Perpendicular aos raios solares.....	29
<i>Figura 16 - Célula Fotovoltaica.....</i>	<i>32</i>
Figura 17 - Estrutura da Célula Fotovoltaica.	33
Figura 18 - Estrutura da célula fotovoltaica.	34
Figura 19 - Comportamento de uma célula solar fotovoltaica.	34
Figura 20 – Curva característica de uma célula solar fotovoltaica.....	35
Figura 21 - Célula de Silício Policristalino.....	36
Figura 22- Célula de Silício Monocristalino.	36
<i>Figura 23 - Célula de Silício Amorfo.....</i>	<i>37</i>
Figura 24 - Célula Fotovoltaica Filme Fino.	38
Figura 25 - Máquina de Solda de módulos fotovoltaicos.....	38
Figura 26 - Estrutura base de um encapsulamento de um modulo fotovoltaico.	39
Figura 27 - Máquina de acabamento do módulo fotovoltaico.	40
Figura 28 - Etapas de produção de uma Célula Fotovoltaica.....	41
Figura 29 - Módulo Fotovoltaico Monocristalino.....	41
Figura 30 - Módulo Policristalino.	42
Figura 31 - Módulos Ligados em Série.	43
Figura 32 - Curvas características: aumento da Tensão.....	43
Figura 33 - Módulos ligados em paralelo.	44
Figura 34 - Curvas Características: Aumento da corrente.	44
Figura 35 - Módulos Ligados em paralelo e em Série.	45
Figura 36 - Escolas de Pensamento.....	47
Figura 37- Esquemático Pensamentos em Ciclos.....	47
Figura 38 - Exemplo de Kalundborg.	48
Figura 39– Princípios da Economia Regenerativa	49
Figura 40 – George de Mestral e sua Criação: O Velcro.....	50
Figura 41– Blue Economy.....	51
Figura 42– Focos Design Circular	54

Figura 43– Durabilidade, Adaptabilidade e Reparabilidade.	55
Figura 44– Design como Fator Transformador	56
Figura 45 - Novos modelos de negócios.....	57
Figura 46 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica.	58
Figura 47 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil	65
Figura 48 - Matriz Energética Brasileira em 2020	66
Figura 49 - Luminárias para Vias Públicas Philips Luma / Iridium	75
Figura 50 - Proposta Economia Circular CNI	76
Figura 51 - Usina Solar Capitão Enéas.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os 10 países com maior capacidade instalada de geração Fotovoltaica.	58
Tabela 2 - Os 10 países com maior capacidade Instalada em 2015.	58

LISTA DE ABREVIATURAS

PMEs - Pequenas e Médias Empresas.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.

CO₂ - Dióxido de Carbono

ONU - Organização das Nações Unidas

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável

EU - European Union

Wp - Watt Pico

kWp - QuiloWatt-Pico

Wh - Watt Hora

kWh - Quilowatt-hora

W/m² - Watt por Metro Quadrado

Wh/m² - Watt Hora por Metro Quadrado

kWh/m² - Quilowatt-hora por Metro Quadrado

IEA - International Energy Agency

GWp - Gigawatt-Pico

PPA - Power Purchase Agreements

Sumário

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	17
2. TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS E SEUS CONCEITOS.....	20
2.1. Um caminho a seguir.....	20
2.2. Conceitos básicos de energia solar.....	22
2.2.1. Estrutura do sol.....	23
2.2.2. Radiação.....	24
2.2.3. Quantidade de energia solar.....	25
2.2.3.1. Diferença entre radiação e irradiação.....	25
2.2.3.2. Efeitos da radiação.....	26
2.2.4. Sazonalidade do sol.....	28
2.2.5. Orientação do Módulo Fotovoltaico.....	28
2.2.6. Inclinação.....	29
2.2.7. Células e módulos fotovoltaicos.....	30
2.2.7.1. História das Células Fotovoltaicas:.....	30
2.2.8. Geração de células fotovoltaicas.....	32
2.2.8.1. Primeira geração.....	32
2.2.8.2. Segunda geração.....	32
2.2.8.3. Terceira geração.....	32
2.2.9. Tipos e características de células fotovoltaicas.....	33
2.2.9.1. Células fotovoltaicas policristalinas.....	35
2.2.9.2. Células fotovoltaicas Monocristalinas.....	36
2.2.9.3. Células de Silício Amorfo.....	37
2.2.9.4. Células de Filmes Finos.....	37
2.2.10. Concepção de módulos fotovoltaicos.....	38
2.2.10.1. Tipos e características de módulos fotovoltaicos.....	40
2.2.10.2. Módulos Monocristalinos.....	40
2.2.10.3. Módulos policristalinos.....	42
2.2.11. Associação de módulos fotovoltaicos.....	42
2.2.11.1. Módulos ligados em série.....	42
2.2.11.2. Módulos ligados em paralelo.....	44
2.2.11.3. Módulos ligados em solução mista.....	45
3. ECONOMIA CIRCULAR E SEUS CONCEITOS.....	45
3.1. Princípios da Economia Circular.....	45

3.2.	Evolução do Pensamento: Origens da Economia Circular.	46
3.3.	Escolas de Pensamento	46
3.3.1.	Pensamento em Ciclos / Economia de Performance.	47
3.3.2.	Ecologia Industrial.	48
3.3.3.	Design Regenerativo:	49
3.3.4.	Cradle to Cradle	49
3.3.5.	Biomimética	50
3.3.6.	Blue Economy.....	51
3.4.	Uma Necessidade maior.....	51
3.5.	Design como Fator Transformador.	52
3.5.1.	O Novo Papel do Designer.....	52
3.6.	Os Desafios e Oportunidades	53
3.7.	Durabilidade, Adaptabilidade e Reparabilidade.....	54
3.7.1.	Durabilidade	54
3.7.2.	Adaptabilidade	54
3.7.3.	Reparabilidade	54
3.8.	Reciclagem.....	55
3.9.	O Design como chave:	55
3.10.	A Aplicação de Técnicas junto aos Sistemas Fotovoltaicos para a formação de um Ecosistema Favorável.....	56
4.	MERCADO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO.	57
4.1.	Cenário Mundial e Políticas de Mercado.	57
4.1.1.	Energia Solar no Japão.	59
4.1.2.	Energia Solar na Alemanha.	60
4.1.3.	Energia Solar nos EUA.	61
4.1.4.	Energia Solar na China.....	61
4.1.5.	Energia Solar na Espanha.	62
4.1.6.	Energia Solar na Índia.....	62
4.2.	Energia solar no Brasil.	63
4.2.1.	O Cenário Brasileiro para a Energia Solar.	63
4.2.2.	Evolução do Brasil para Geração de Energia Solar.....	64
4.2.3.	Matriz Energética e Utilização.....	65
4.2.4.	Resolução Normativa 482 (REN-482).	66

4.2.5.	Consórcios e Cooperativas de Energia Solar.	67
4.2.5.1.	Consórcios de Empresas. (CNPJ's).....	69
4.2.5.2.	Cooperativas de Consumidores (CPF's).....	70
4.2.6.	Evolução do Preço da Energia Solar em leilões de Energia no Mercado Regulado.	71
4.2.7.	Evolução do Brasil no Ranking Mundial.	71
4.2.8.	Incentivos existentes.....	71
5.	ESTUDOS DE CASO.	73
5.1.	Signify – Eindhoven, Holanda.	74
5.2.	CNI – Confederação Nacional da Indústria.....	75
5.3.	Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) – Seguro de Performance Energética.	76
5.3.1.	Contratação.....	77
5.4.	Vision Energia – Consórcio solar de 1MW na cidade de Minas Gerais.	78
6.	CONCLUSÃO.	79
7.	BIBLIOGRAFIA.	81

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.

A sociedade se encontra em uma fase de mudanças significativas, que fortalece um novo padrão e muda intensamente a forma como vivemos e trabalhamos. Tais mudanças veem ocorrendo lado a lado com evoluções tecnológicas, que alteram nosso comportamento, moldando diferentes formas de nos relacionarmos.

O modelo de economia que predomina nossas relações apresenta características lineares, onde há a necessidade crescente por mais materiais e mais recursos naturais, seja para a produção de mercadorias como a geração de energia, e, como consequência, há uma maior geração de resíduos e emissão de grandes poluentes físicos, gasosos e líquidos dentro dos processos. Isto não seria um problema se a nossa economia fosse trabalhada como um ecossistema natural, pois a natureza representa um ciclo fechado com alta eficiência de reaproveitamento.

Notamos esses característicos em diferentes aparelhos, elétricos ou eletrônicos e em variados processos de geração de energia. Como por exemplo, em casos de iluminação, principalmente ao abordar tecnologias que surgiram no princípio das técnicas de iluminação artificial por meio da eletricidade e outras fontes energéticas. Exemplos significativos dessas tecnologias, que possuíam ciclos lineares, são as 'Lâmpadas Incandescentes' como mostra a 'Figura 1', que apresentavam vidas úteis muito baixas, somadas a um baixo rendimento onde cerca de apenas 5% de toda energia elétrica era transformada em luz e todo o restante era "perdido" por terem sido transformados em calor (Perdas por efeito Joule).



Figura 1 – Lâmpada Incandescente.

Fonte: LUMITEC FOTO.

Outro exemplo notável é a geração de energia elétrica através de combustíveis fósseis como, por exemplo, usinas termelétricas que utilizam combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural, petróleo e derivados) para o processo, como mostra a figura 2, onde temos o Complexo Termelétrico do PECÉM, formado pelo conjunto de termelétricas, localizado nas cidades de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Estes são responsáveis pela alta emissão do dióxido de carbono (CO₂), sendo altamente tóxica a saúde humana em altas densidades, devido a sua alta afinidade com a hemoglobina, que ao se ligar a ela, impede o transporte de oxigênio no organismo, além de ser um dos principais gases relacionados ao efeito estufa de nosso planeta, uma vez que a alta concentração desse gás na atmosfera terrestre amplia a capacidade da atmosfera terrestre reter calor, aumentando a temperatura do planeta.



Figura 2- Usina Termelétrica de Pecém II.

Fonte: GTEL – Grupo Técnico de Eletromecânica S.A.

Somados a esses fatores, outro ponto importante a ser notado é o ciclo de vida destes equipamentos e a velocidade destes processos. Onde temos uma grande extração de recursos minerais para a produção seguida de um descarte imediato, somados a grandes emissões de resíduos poluentes no meio ambiente. Uma vez que ao final destes processos, é simplesmente realizado um descarte sem reaproveitamento, reciclagem ou pensando em outras maneiras de estender a vida útil desses processos e meios menos agressivos de extração e produção, preservando os recursos que se encontram cada vez mais escassos.

Entretanto, se uma economia cresce com base na extração cada vez maior de recursos naturais e sem qualquer controle, é fácil prever que isso não será sustentável e saudável ao meio ambiente e a vida humana em longo prazo, podemos observar esse fenômeno ao lembrar-se de crises hídricas recorrentes nos últimos anos.

Uma solução para evitar todos esses possíveis fenômenos com o consumo e descarte inadequado de produtos, como a extração excessiva de fontes não renováveis do planeta e outras matérias primas, seria a aplicação de um meio de produção que estendesse a vida útil dos produtos, reaproveitando equipamentos já existentes a fim de amenizar a geração de resíduos, dando novos ciclos e técnicas de produção a estes equipamentos e principalmente, gerando novos modelos de negócios. Isto somado à, principalmente, busca por novos meios alternativos de geração de energia, fontes que se mostram essenciais a todos os processos na cadeia de produção, onde sua demanda aumenta proporcionalmente ao aumento da população mundial e suas relações de consumo.

Ao analisar as propostas e iniciativas de projetos voltados ao setor energético, vemos que a ONU propôs que até 2030, cerca de três objetivos terão que ser cumpridos:

- Promover energia sustentável a todos às pessoas do planeta;
- Aumentar de 13% para 30% a participação de fontes renováveis na matriz energética mundial;
- Aumentar a eficiência energética por meio da redução da intensidade energética em 30%.

É possível citar também o evento que aconteceu no estado do Rio de Janeiro, a Eco – 92. Um evento a nível desenvolvimento socioeconômico mundial, e teve o objetivo de buscar meios de conciliar o com a conservação e a proteção dos ecossistemas da terra. A conferência contribuiu para ampliar a conscientização de que os danos ao meio ambiente eram de grande responsabilidade dos países desenvolvidos. Esses danos poderiam ser reduzidos com o uso de tecnologias que produzissem energia limpa, de forma sustentável.

Assim, este trabalho busca demonstrar os conceitos e a aplicação do modelo de Economia Circular nos meios de geração de energia por Sistemas Fotovoltaicos, uma grande alternativa para a solução de todas as questões socioambientais citadas. Com essas aplicações teríamos o crescimento econômico desconectado da exploração de recursos naturais, definindo novos ciclos de materiais e novos modelos de negócio, contribuindo com maior acessibilidade a adoção dos sistemas, somados a uma grande geração de empregos e relações comerciais baseados na pirâmide de valor, possibilitando o atendimento da demanda populacional por energia elétrica, produzida de uma forma limpa e sustentável, essencial para o progresso e futuro das relações econômicas, sociais e ambientais de nosso planeta.



Figura 3 - Sistemas Fotovoltaicos.

Fonte: PHOENIX CONTACT.

2. TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS E SEUS CONCEITOS.

2.1. Um caminho a seguir.

Segundo o autor Rodrigo de Faria e Silvano livro Instalação de sistemas de microgeração solar fotovoltaica. Dados fornecidos pela IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável) com pesquisas em 2016 foram estimados que a taxa global de vagas de emprego relacionados à energia renovável teve um crescimento de 5% no ano de 2015, atingindo 8,1 milhões de pessoas, enquanto os outros setores de energia não tiveram crescimento no número de vagas de emprego em comparação ao ano anterior. (IRENA,2016).

China, Brasil, Estados Unidos, Índia, Japão e Alemanha são os países que apresentam maiores taxas de empregos no setor de energia renováveis isso se deu graças às políticas favoráveis para a implantação de sistemas de energias renováveis, podemos analisar melhor esses dados conforme representados a seguir na 'Figura 4':

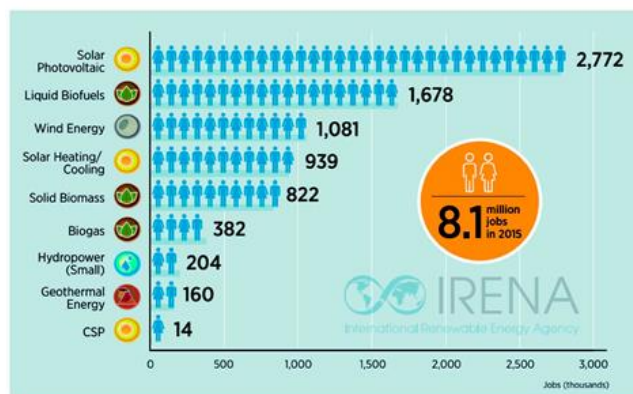


Figura 4 - Vagas de emprego relacionado à energia renovável por tecnologia.

Fonte: FARIA, 2016.

As vagas de emprego relacionadas à energia renovável vêm aumentando na proporção em que ocorrem as mudanças da matriz energética, mas esse nível crescente está ameaçado pelo amadurecimento da indústria e a produtividade do trabalho. (IRENA,2016)

Ao analisar a figura 5, de acordo com a IRENA, com quadros políticos estáveis, que ajudam na implantação de energias renováveis, é visto uma alta estimulação de investimentos em empresas locais e promovam a educação e formação profissional, em 2030 as matrizes energéticas de energias renováveis resultariam em 24 milhões de empregos em todo o mundo. (IRENA,2016).

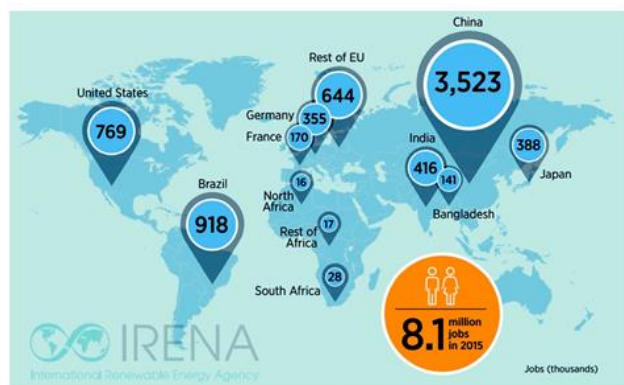


Figura 5- Empregos para energia renovável nos países e regiões selecionados.

Fonte: FARIA, 2016.

De acordo com a autora Letícia Mendes de Souza livro Instalação de sistemas de microgeração solar fotovoltaica. Em 2015 as instalações fotovoltaicas foram 20% maiores que no ano anterior, com a China, Japão e os Estados Unidos na liderança do ranking. Isso tudo foi resultado das reduções nos custos dos sistemas de energia fotovoltaica. Essa tecnologia foi tanto utilizada nas usinas de geração quanto nas usinas de distribuição. (IPEA, 2018).

O esquemático presente na figura 6 mostra como a energia fotovoltaica foi a que mais ofereceu empregos, cerca de 2.8 milhões em 2015, um aumento de 11% em relação ao ano anterior. Com a disposição de 1.7 milhões de empregos, a China é a maior empregadora de profissionais dessa área. No Japão a energia fotovoltaica teve um crescimento de 28%, totalizando cerca de 377.100 empregos nesta área em 2014. Nos Estados Unidos a implantação da tecnologia fotovoltaica gerou grande quantidade de empregos para o país. Um grande contraste foi encontrado na EU (União Europeia), com a diminuição na produção da tecnologia fotovoltaica, a taxa de emprego nesta área caiu 13% em 2014. (IPEA, 2018).

	World	China						European Union ¹		
		China	Brazil	United States	India	Japan	Bangladesh	Germany	France	Rest of EU
Solar Photovoltaic	2.772	1.652	4	194	103	377	127	38	21	84
Liquid Biofuels	1.678	71	821 ²	277 ¹	35	3		23	35	47
Wind Power	1.081	507	41	88	48	5	0.1	149	20	162
Solar Heating/Cooling	939	743	41 ¹	10	75	0.7		10	6	19
Solid Biomass ^{3,4}	822	241		152 ¹	58			49	48	214
Biogas	382	209			85		9	48	4	14
Hydropower (Small) ⁵	204	100	12	8	12		5	12	4	31
Geothermal energy ⁶	160			35		2		17	31	55
CSP	14			4				0.7		5
Total	8,079¹	3.523	918	769	416	388	141	355¹	170	644¹

Figura 6 - Estimativa de empregos diretos e indiretos em energia renovável no mundo por setor e por tecnologia.

Fonte: FARIA, 2016.

2.2. Conceitos básicos de energia solar.

Ocupando grande parte do sistema solar está o sol, a estrela mais próxima da terra como representado em 'Figura 7'. É uma estrela que possui muita energia e essa energia é aproveitada de diferentes formas. Com a energia solar as plantas realizam a fotossíntese, permitindo com que o ciclo do carbono aconteça sendo somada a

diversas utilizações a utilização de biomassa como combustível. Com ele e a lua, temos os efeitos das marés permitindo a geração de energia ondomotriz. (UFRGS, 2018).

Dentre muitas outras funções, além de ter papel fundamental na vida do planeta, é possível a utilização diversas técnicas para a captação dessa energia visando o conforto, trabalho e abastecimento energético da população. (UFRGS, 2018).

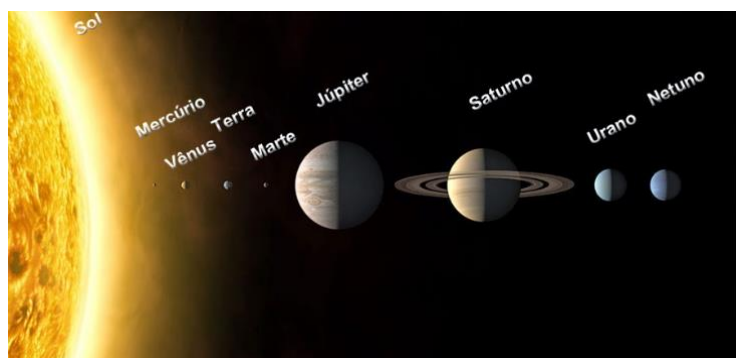


Figura 7 - Dimensões proporcionais do Sol e planetas do sistema solar.

Fonte: FARIA, 2016.

2.2.1. Estrutura do sol.

A distância entre o sol e a terra é de 149 milhões de quilômetros, a luz demora oito minutos para percorrer esse trajeto, que é 1,3 milhões de vezes maiores que o nosso planeta. No seu núcleo a temperatura passa dos 15 milhões de graus Celsius, causado pelas reações termonucleares como apresentado em 'Figura 8'. (UFRGS, 2018).

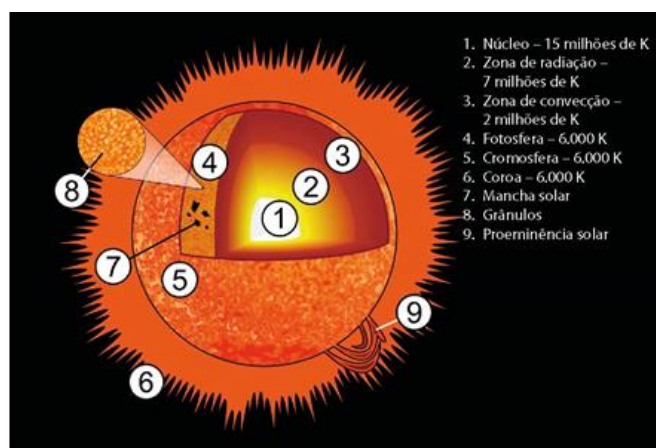


Figura 8 - Temperatura do Sol (em graus Celsius).

Fonte: FARIA, 2016.

2.2.2. Radiação.

A fusão nuclear ocasionada no interior do sol gera a radiação, onde temos a transformação de dois átomos de hidrogênio em um átomo de hélio, emitindo calor e ondas eletromagnéticas e com elas, temos o efeito da luz. (CRESESB, 2014).

A luz é radiação eletromagnética com comprimento de onda específico aos olhos humanos, entretanto o Sol emite comprimento de onda que não é percebível aos olhos, exemplo do raio violeta e o raio infravermelho como em Figura 9. (CRESESB, 2014).

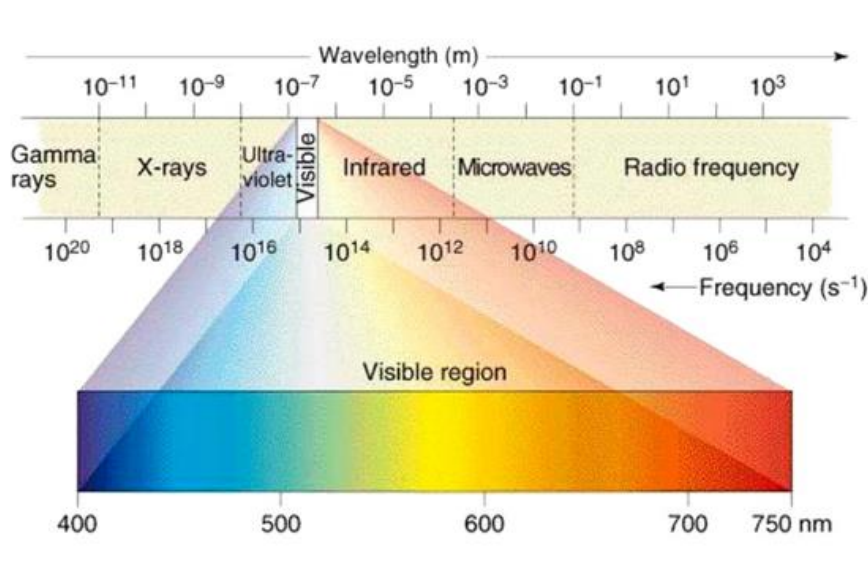


Figura 9 - Composição do espectro da radiação solar.

Fonte: FARIA, 2016.

A altura solar influencia diretamente na intensidade da radiação, na qual é determinada pela localização do ponto medido em relação ao globo terrestre. Por isso são importantes os valores da latitude e longitude de uma determinada região, para determinar a radiação exata. As radiações são menores nos polos, pois existe uma grande quantidade de massa de ar, assim o fluxo energético na região será menor. (CRESESB, 2014).

Segundo o autor Rodrigo de Faria e Silvano livro Instalação de sistemas de microgeração solar fotovoltaica. Outro fator interferente na quantidade de radiação absorvida é o ângulo de incidência, com isso, as áreas que mais absorvem radiação são superfícies perpendiculares aos raios solares. (CRESESB, 2014).

2.2.3. Quantidade de energia solar.

2.2.3.1. Diferença entre radiação e irradiação.

Irradiação é a potência da luz do sol, é medida em watts por metro quadrado (W/m^2). A potência é um valor instantâneo, assim a irradiação é a intensidade da luz do sol em um determinado tempo. (STERN, 2018)

A irradiação pode mudar ao longo do dia com o surgimento de nuvens no céu impedindo que os raios solares cheguem até a terra. (STERN, 2018)

Segundo o autor Rodrigo de Faria e Silvano livro Instalação de sistemas de microgeração solar fotovoltaica. A radiação é o termo que se refere à energia emitida pelo sol, em especial aquela que é transmitida em forma eletromagnética.

Para medir a radiação é utilizado Wh ou kWh por metro quadrado (Wh/m^2 ou kWh/m^2). A energia é expressa como potência ao longo do tempo ($P \times t$), por isso a radiação é a irradiação por um determinado tempo. (STERN, 2018)

A quantidade de energia solar é um importante fator do estudo solarimétrico de uma determinada região. As melhores medições são efetuadas durante um período que pode chegar a até um ano. Essas informações serão importantes para o estudo de uma instituição de sistemas fotovoltaicos. Países mais desenvolvidos contam com atlas e mapas que mostram os valores da radiação de cada região. (FARIA, 2016).

O Brasil possui um mapa de irradiação solar indicado em 'Figura 10', que apresenta as estimativas dos fluxos de radiação solar na superfície, é notada uma radiação solar média acima de 2500 horas/ano, isso graças ao clima tropical característico. O mapa se baseia em informações de nebulosidade retiradas de imagens de satélite geoestacionário e de dados climatológicos de variáveis ambientais para compor uma atmosfera e os processos radiativos que ocorrem nela. (FARIA, 2016).

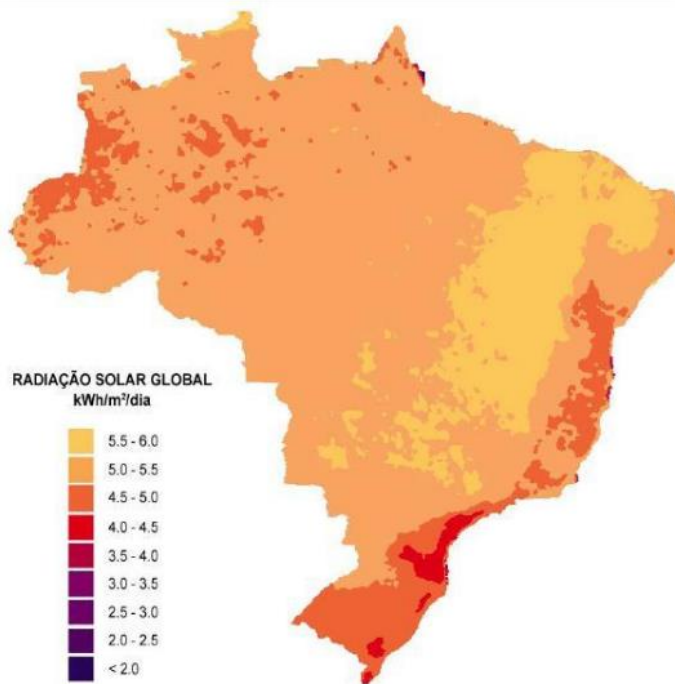


Figura 10 - Mapa de Irradiação Solar no Território brasileiro.

Fonte: FARIA, 2016.

Com alta incidência de irradiação em todo território brasileiro, a energia solar, é viável para distintas aplicações, e pode ser utilizada principalmente em regiões remotas, sem o abastecimento de energia elétrica pelas redes de distribuição, e ao optar pela geração de energia fotovoltaica, por exemplo, onde temos a adoção de um sistema autônomo para o uso doméstico, temos um cenário onde os usuários deixam de serem apenas meros consumidores, tornando-se autoprodutores de energia elétrica. (FARIA, 2016).

2.2.3.2. Efeitos da radiação.

A corrente de um Módulo fotovoltaico é diretamente proporcional com a intensidade solar conhecida como irradiação. Se a irradiação muda, a curva $I \times V$ não altera sua característica, apenas vai sofrer variações na medida em que a irradiação for menor ou maior que 1000 W/m^2 como mostrado em 'Figura 11'. A tensão não é afetada pela irradiação, apenas a corrente vai sofrer variações. A tensão só sofrerá alterações com variações da temperatura como visto em 'Figura 12'. (STERN, 2018).

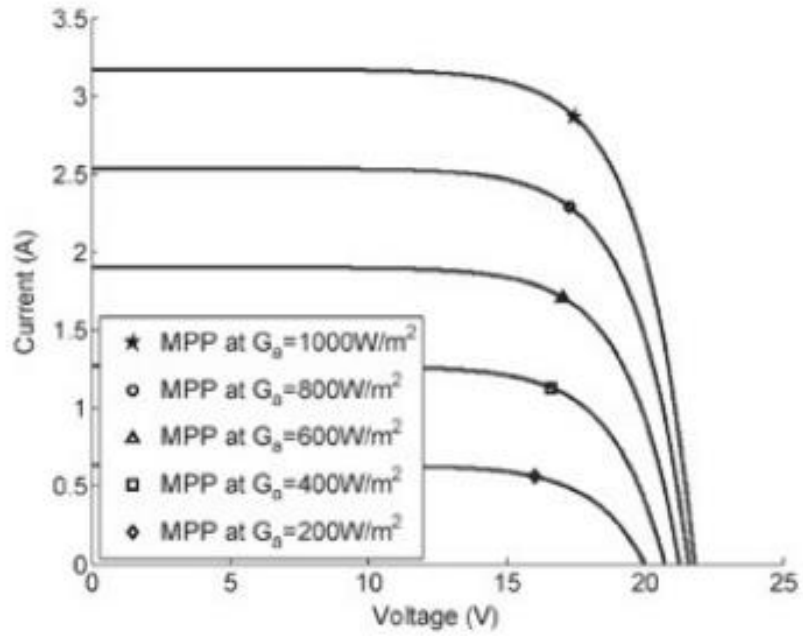


Figura 11 - Influência da irradiação na curva $I \times V$ do módulo.

Fonte: FARIA, 2016.

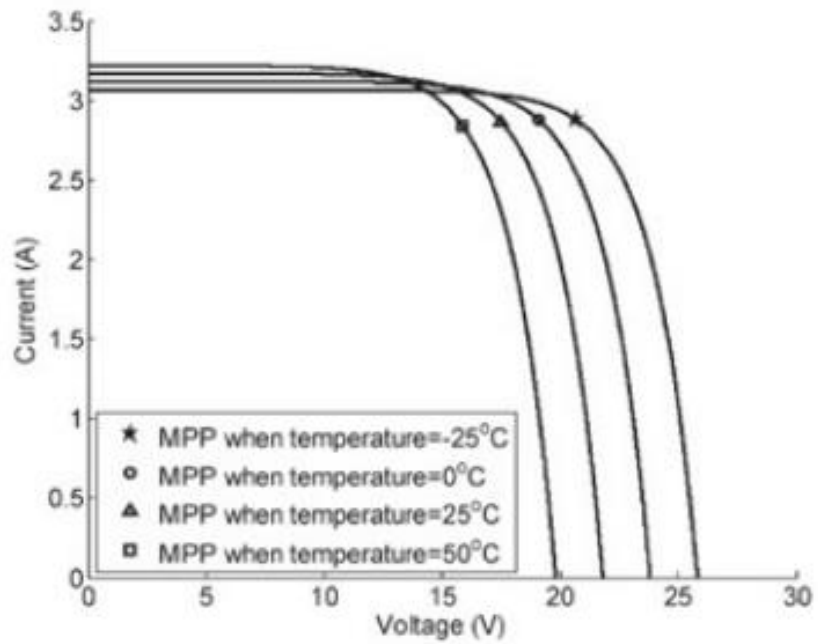


Figura 12 - Influência da temperatura na tensão de saída do módulo.

Fonte: FARIA, 2016.

2.2.4. Sazonalidade do sol.

O Planeta Terra forma uma trajetória elíptica em torno do Sol e seu eixo tem inclinação de $23,45^\circ$ em relação ao plano normal da trajetória desenvolvida pela Terra. A inclinação e o movimento de translação são fatores que provocam as diferentes estações do ano: verão, primavera, outono e inverno como representado em 'Figura 13'. (FARIA, 2016).

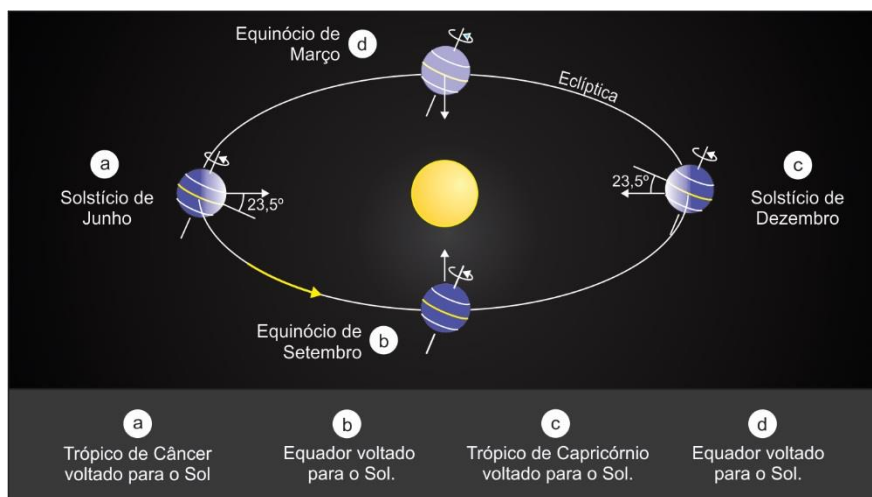


Figura 13 - Órbita da terra em torno do Sol.

Fonte: FARIA, 2016.

Dessa forma a sazonalidade do sol se refere aos períodos durante o dia em que as incidências de raios solares são mais intensas. Essa, por sua vez, pode variar conforme a posição da Terra em relação ao Sol, assim como a duração dos dias em diferentes regiões, onde, por exemplo, durante o verão os dias no Hemisfério Sul são bem mais longos enquanto no inverno, os dias são bem mais curtos, enquanto em locais próximos ao Equador menor é o efeito na duração dos dias ao longo do ano, diferente de quando estamos analisando os polos. (ANEEL, 2012).

2.2.5. Orientação do Módulo Fotovoltaico.

Com o intuito de maximizar a captação de irradiação solar durante as horas do dia, é preciso tomar como base os ângulos de azimute. Para isso é necessário orientar a face coletora conforme o norte geográfico da Terra, ou o norte Polar (obtido através do uso de bússolas), efetuando uma correção de acordo com o local de onde será realizada a instalação onde ambos possuem uma diferença angular de aproximadamente 20 graus de inclinação, como indicado a seguir pela 'Figura 14'. (FARIA, 2016).

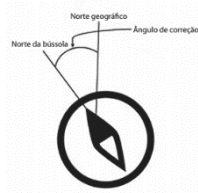


Figura 14 - Ângulo de correção de acordo com a localização geográfica.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

2.2.6. Inclinação.

Com o intuito de maximizar as captações durante as diferentes estações do ano, tomamos como base o ângulo de zênite, que pode ser caracterizado por um ponto exatamente acima de algum lugar específico, onde a partir dele, com linhas imaginárias são analisadas diferentes informações e dados. (SOUZA, 2018).

Assim, as inclinações a serem estabelecidas variam conforme a necessidade, onde, por exemplo, em sistemas desconectados da rede elétrica, é necessária uma estimativa dos períodos de menor captação, como o caso do inverno, apresentando uma necessidade maior de inclinar os módulos. (FARIA, 2016).

Assim o ângulo da expressão é dado da seguinte maneira:

$$\alpha = \text{latitude} + \text{latitude}/4$$

Em sistemas conectados à rede elétrica, a maior captação no verão é mais recomendada. Deixando o modulo mais próximo a horizontal, utilizando a seguinte expressão:

$$\alpha = 3,7 + 0,69 * \text{latitude}$$

Podemos ver a orientação dos módulos citadas acima na 'Figura 15':

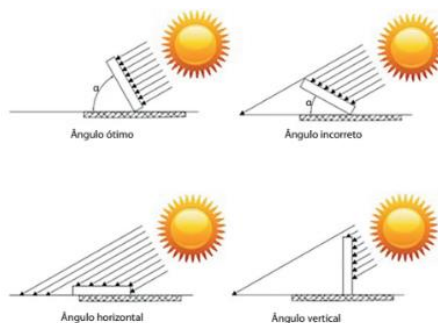


Figura 15 – Orientação Perpendicular aos raios solares.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

2.2.7. Células e módulos fotovoltaicos.

2.2.7.1. História das Células Fotovoltaicas:

O efeito da conversão de energia solar em energia elétrica foi observado pela primeira vez por Edmond Becquerel em 1839. Onde foi observada uma diferença de potencial nas extremidades de uma estrutura semicondutora, quando incidido luz sobre ela. E graças a novas descobertas da microeletrônica, em 1956 foram construídas as primeiras células fotovoltaicas industriais. Essas células solares por sua vez, servem para a conversão da energia que existe nos fótons da radiação solar em energia elétrica totalmente sustentável. (ALVARENGA, 2001)

No começo, o alto custo de fabricação inviabilizava a utilização prática, limitados apenas a aplicações especiais, como sistemas autônomos de fornecimento de energia elétrica para satélites, onde o custo não era um fator limitante e as características de confiabilidade e baixo peso, tornaram as células fotovoltaicas a maneira mais conveniente e segura de gerar eletricidade no espaço. (ALVARENGA, 2001)

Ao decorrer do tempo, novas aplicações começaram a surgir, como em estações remotas de telecomunicações que passaram a utilizar células para produção de energia elétrica. E devido a maior necessidade por meios alternativos de energia, como quando ocasionado devido à crise do petróleo em 1973, com a real possibilidade do esgotamento das reservas petrolíferas, novas pesquisas sobre essa tecnologia vieram a serem realizadas. (ALVARENGA, 2001)

Um dos tópicos mais preocupantes era o custo de produção das células em relação a energia produzida em troca. Era necessária uma redução de custos significativamente, o que acarretou um lento desenvolvimento de mercado. Contudo em 1978 já era obtido cerca de 1Mwp/ano de produção. Com o aumento da escala de produção e a pesquisa de tecnologia em materiais usados na fabricação das células, o custo e o preço passaram a diminuir e após 15 anos, a produção já alcançava 60 MWp/ano. (ALVARENGA, 2001)

Objetivando ampliar as fontes de energia solar na matriz energética, a década de 90 marcou um desenvolvimento acelerado da indústria fotovoltaica. E dessa forma, vários programas mundiais foram lançados para a demonstração da viabilidade das

tecnologias fotovoltaicas, principalmente em áreas rurais em países em desenvolvimento. (ALVARENGA, 2001)

Ao fim da crise da crise do petróleo, muitas empresas deixaram de investir em tecnologias fotovoltaicas. Mas tópicos como o fortalecimento de questões em pró do meio ambiente e o avanço do mercado rural em países subdesenvolvidos, impulsionaram fortemente a indústria das células fotovoltaicas, exemplificadas pela 'Figura 16', de maneira que foi previsto que para 1998 teríamos uma produção mundial em torno de 100 MWp. (ALVARENGA, 2001)

Atualmente o maior desafio que o setor enfrenta é a redução de custos dos sistemas fotovoltaicos. Com novas tecnologias como filmes finos, teremos uma alta redução nos custos dos equipamentos. O desenvolvimento de projetos autossustentados de eletrificação, de meios rurais ou urbanos, são os maiores desafios, onde o mercado e a implantação dos sistemas passam a ser mais dificultados e limitados graças ao baixo nível cultural e econômico da maior parte das populações. (ALVARENGA, 2001)

Cerca de 30% da população mundial, aproximadamente 2 bilhões de pessoas, vivem dependendo do abastecimento energético gerado por meio de fontes não renováveis, como o carvão, diesel etc. E como fontes fotovoltaicas usualmente são utilizadas em pequenas instalações (baixo consumo de energia), podendo serem optadas em maiores cargas através da adoção de serviços de energia produzidos por usinas, temos uma maior economia eficiência e segurança dentro dos sistemas. (ALVARENGA, 2001)

O Brasil por sua vez, devido a sua localização que o favorece em aspectos ambientais e climáticos, dispõe de um dos maiores potenciais do mundo para o aproveitamento de energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica, onde além de ecologicamente correto, é definida como uma fonte inesgotável de energia. (ALVARENGA, 2001)



Figura 16 - Célula Fotovoltaica.

Fonte: PORTAL SOLAR, 2015.

2.2.8. Geração de células fotovoltaicas.

São determinadas três tecnologias de sistemas fotovoltaicas, essas divididas em gerações. (FLANDOLI, 2017).

2.2.8.1. Primeira geração.

Divididas em duas cadeias produtivas, silício policristalino e silício monocristalino, são considerados tecnologias estabelecidas e confiáveis e tem a melhor eficiência comercialmente disponível. (FLANDOLI, 2017).

2.2.8.2. Segunda geração.

Também conhecida como filme fino, é encontrada com mais dificuldade no mercado e tem baixa participação, se comparada com os modelos de primeira geração. Embora apresentem menor rendimento, algumas empresas tendem a fabricar estruturas filme fino, pois alguns modelos podem ser dobrados ou simplesmente prensados internamente ao vidro. (FLANDOLI, 2017).

2.2.8.3. Terceira geração.

É formada por células fotovoltaicas do tipo multijunção e células fotovoltaicas para concentração, células sensibilizadas por corante e células orgânicas ou polímeras. Todas elas devem ter elevada eficiência, baixo custo e utilizar materiais abundantes na natureza. Essas tecnologias ainda estão em desenvolvimento e não contam com produção em larga escala, o que justifica seu alto custo. (OLIVEIRA, 2016).

2.2.9. Tipos e características de células fotovoltaicas.

Uma célula solar é um dispositivo capaz de converter a energia dos fótons proveniente do sol em energia elétrica. (FLANDOLI, 2017).

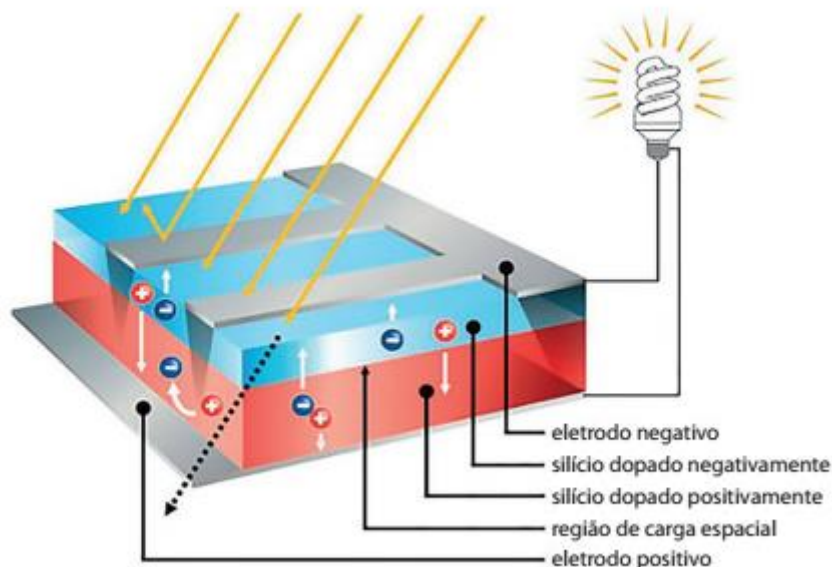


Figura 17 - Estrutura da Célula Fotovoltaica.

Fonte: FREIRE, 2017.

Seu princípio de funcionamento, como ilustrado em 'Figura 17', baseia-se na capacidade de transmitir energia dos fótons da luz solar aos elétrons da camada de valência dos materiais semicondutores que, ao receberem essa energia, conseguem romper as ligações que os mantêm ligados a um átomo. Assim, cada vez que esse efeito acontece, há uma falta de elétron em uma ligação rompida, ou seja, um espaço que antes era ocupado por um elétron se torna livre para que outro elétron ocupe seu espaço. (FREIRE, 2017).

Esse movimento de elétrons em conjunto com a vacância resulta em uma circulação de corrente elétrica em um único sentido, que pode percorrer um circuito externo e liberar a energia cedida pelos fótons, para que assim consiga no seu retorno à fonte geradora criar pares de elétrons-vacância. (FREIRE, 2017).

A célula fotovoltaica necessária para a criação da corrente elétrica é obtida pela união de dois semicondutores de diferentes dopagens: um semiconductor tipo P (excesso de lacunas – falta de elétrons que denominamos de vacância) e outro tipo N (excesso de elétrons). Ao uni-los, é criada a célula fotovoltaica, como esquematizado em Figura 18. (FLANDOLI, 2017).

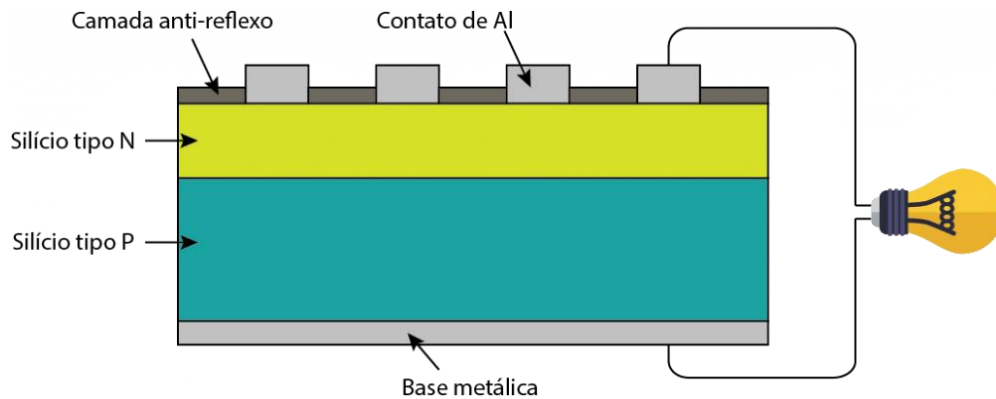


Figura 18 - Estrutura da célula fotovoltaica.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

A face iluminada será a do condutor tipo N e a não iluminada, a de tipo P.

Depois vêm os contatos, de maneira que a face não iluminada será coberta totalmente pelo contato elétrico (para oferecer menor resistência à passagem da corrente elétrica), e a face iluminada deve ter, de um lado, um contato o mais extenso possível para deixar menos resistente e, de outro, o menos extenso possível para deixar passar a maior quantidade de fótons. É habitual, portanto, encontrarmos contatos em forma de pente. (FLANDOLI, 2017).

O comportamento de uma célula fotovoltaica se mede construindo experimentalmente uma curva que relaciona as variações de corrente e tensão, que são geradas quando sobre ela incide uma quantidade determinada de radiação solar. Podemos ver esses fenômenos representados pelas 'Figuras 19 e 20'. (FLANDOLI, 2017).

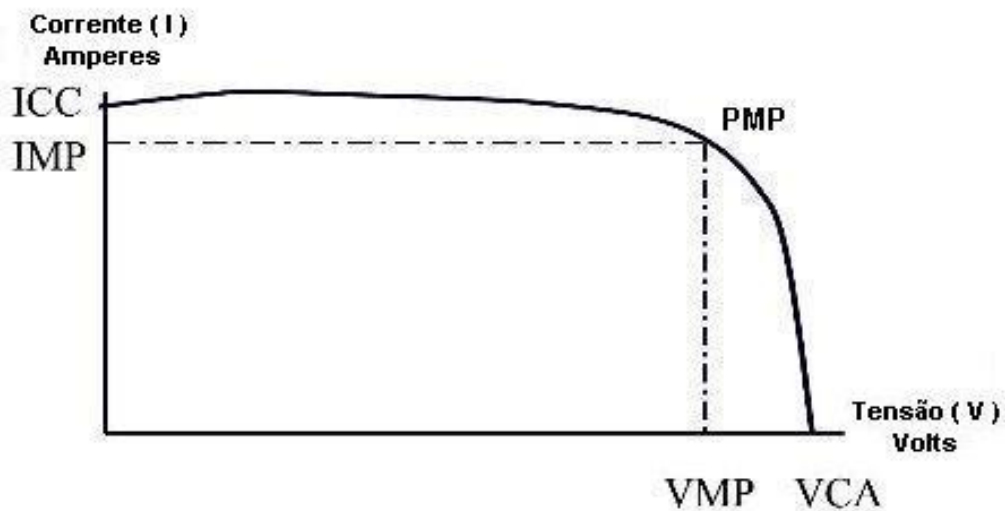


Figura 19 - Comportamento de uma célula solar fotovoltaica.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

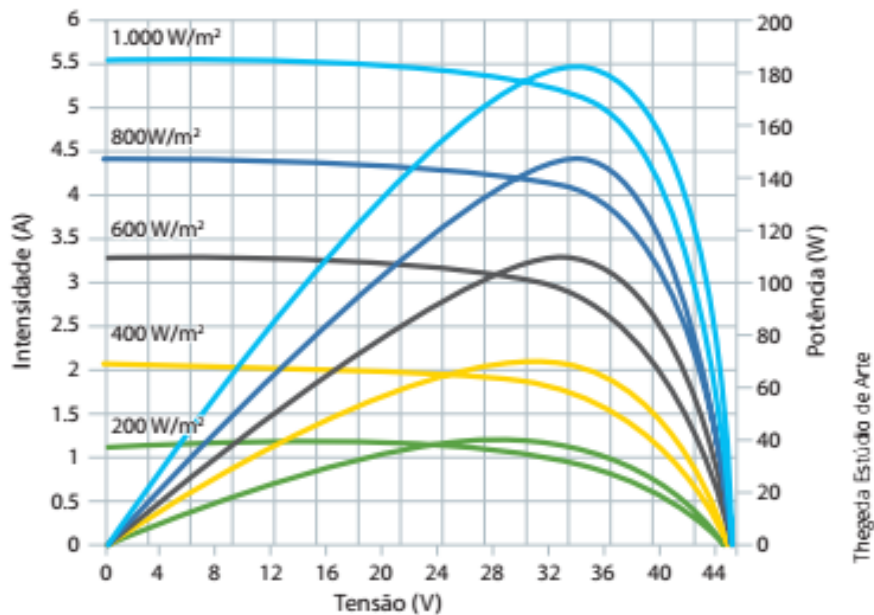


Figura 20 – Curva característica de uma célula solar fotovoltaica.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

2.2.9.1. Células fotovoltaicas policristalinas.

A maior diferença entre as tecnologias de silício está relacionada à sua eficiência, o silício policristalino apresenta menor rendimento na produção de energia e tem um formato quadrado com uma aparência quebradiça, devido a seu processo de fabricação, formado a partir da compactação de várias partículas de silício com dimensões na ordem de centímetros. (ALVARENGA, 2001).

São compostos por pequenos cristais de silício, ou chamados de polissilícios, onde são obtidos a partir de blocos de silício provenientes da fusão de silício puro em moldes especiais. Em tais moldes, o silício esfria lentamente se solidificando, organizando os átomos em um cristal com estrutura policristalina e superfícies de separação entre eles. (ACIOLI, 1994).

Após essa compactação, os lingotes de silício são cortados em lâminas, de onde serão derivadas as células de silício policristalino fotovoltaica com espessura aproximada de 0,2 mm, como representado em 'Figura 21'. (PORTAL ENERGIA, 2017).

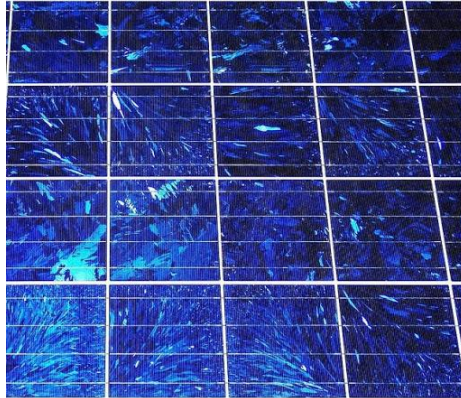


Figura 21 - Célula de Silício Policristalino.

Fonte: SOLARQ ENGENHARIA, 2020.

2.2.9.2. Células fotovoltaicas Monocristalinas.

Diferentemente das células de silício policristalino, as células fotovoltaicas feitas de silício monocristalino são fabricadas a partir de um único cristal, produzidas em fornos especiais. As células são obtidas pelo corte de barras em pastilhas finas com cerca de 0,4mm² a 0,5mm², sua eficiência na conversão da luz solar em eletricidade é superior a 12%, e desta forma, o material apresenta mores perdas de eficiência pelo efeito do contato direto de fases. (PORTAL ENERGIA 2017).

O método mais fácil de identificar a diferença entre essas células é analisar suas pontas, como mostrado em 'Figura 22', lugar em que as células do tipo monocristalino, por serem fabricadas e desenvolvidas a partir de um lingote redondo, têm suas pontas arredondadas, sendo cortadas e usualmente moldadas em um formato retangular, enquanto as células do tipo policristalino têm suas pontas em 90°, formando um quadrado. (PORTAL ENERGIA, 2017).

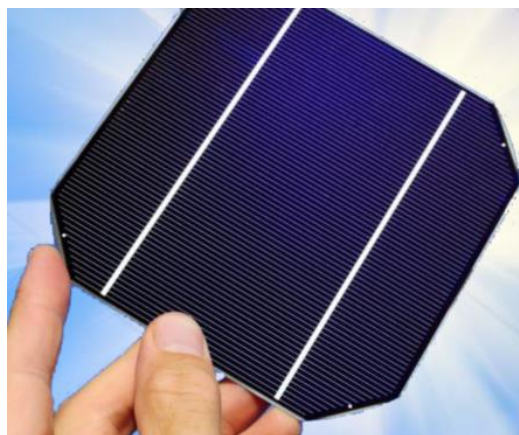


Figura 22- Célula de Silício Monocristalino.

Fonte: ECOWATTS, 2019.

2.2.9.3. Células de Silício Amorfo.

Essas células são produzidas a partir da disposição de camadas finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência de conversão de luz solar em energia elétrica está em torno de 5% a 7%. (ALVARENGA, 2001).

Com eles é possível a criação de módulos fotovoltaicos flexíveis em materiais leves não transparentes, como o caso de plástico ou metal, sendo mais adequados em telhados. A 'Figura 23' exemplifica uma célula de Silício Amorfo. (ACIOLI, 1994).

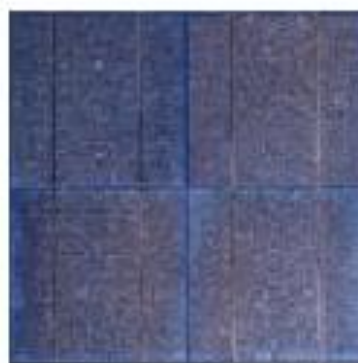


Figura 23 - Célula de Silício Amorfo.

Fonte: ACIOLI, 1994.

2.2.9.4. Células de Filmes Finos.

O Silício amorfo hidrogenado, é uma tecnologia que está presente em filmes finos (películas delgadas), normalmente depositados sobre substratos de baixo custo, como vidro, aço, inox etc. Tais células possuem eficiência sobre iluminação artificial e as melhores aplicações dessas tecnologias estão presentes em calculadoras, relógios e outros produtos com um baixo consumo de energia. (ALVARENGA, 2001).

No mercado temos a existência de painéis flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes com superfícies curvas, que devido sua maior versatilidade vem cada vez mais ampliando o mercado fotovoltaico. (ALVARENGA, 2001).

Essas células possuem uma baixa eficiência energética, onde o recorde está localizado na faixa de 8% a 9%. Mesmo com uma eficiência menor em comparação a outras células de silício, essas levam grandes vantagens em específicas aplicações arquitetônicas, devido ao custo inferior a tecnologias convencionais de silício, principalmente quando levado em consideração o custo por metro quadrado, não

apenas os custos por Wp gerado. A 'Figura 24' apresenta uma célula filme fino. (ALVARENGA, 2001).

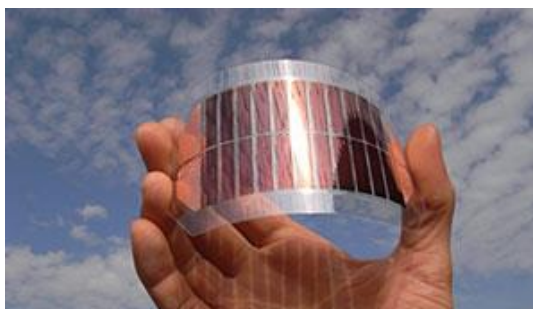


Figura 24 - Célula Fotovoltaica Filme Fino.

Fonte: PORTAL SOLAR, 2011

2.2.10. Conceção de módulos fotovoltaicos.

No começo de tudo os chamados lingotes são cortados em lâminas fias, cerca de 0,3 mm de espessura. Após a primeira etapa, essas lâminas já são acrescentadas o boro, para o lado Tipo-P e o fósforo, para o lado Tipo-N. Na superfície é colocada uma malha metálica fabricada de prata com o princípio de captação de elétrons soltos pela célula. Na parte de trás é posto um coletor de liga metálica entre alumínio e prata. (ASSEMBLY, 2016).

É feita uma ligação das células em série e em paralelo, assim formasse a base dos módulos. Esse processo pode ser realizado manualmente ou por processo automatizado em equipamentos específicos, como exemplificados em 'Figura 25'. As células, então, são ligadas em série, essas séries são depois ligadas em paralelo, formando assim os módulos fotovoltaicos. (FARIA, 2016).



Figura 25 - Máquina de Solda de módulos fotovoltaicos.

Fonte: ASSEMBLY, 2016.

Depois do processo de soldagem, a fabricação está praticamente concluída. Onde as células passam a serem compactadas, em um processo denominado laminações à vácuo do módulo, e tal processo garante uma maior resistividade mecânica aos módulos solares. (ASSEMBLY, 2016).

Nesse processo uma máquina denominada laminadora passa a encapsular o módulo com vidro temperado de alta transparência, ou mais conhecido como EVA. Dessa forma o módulo apresenta uma camada com as células fotovoltaicas ligadas tanto em série como paralelo, outra camada de EVA, visando à proteção e uma última camada constituída por um material isolante, onde geralmente é destituído de PVF ou TEDLAR, onde em 'Figura 26' podemos ver as "camadas" citadas acima. (FARIA, 2016).

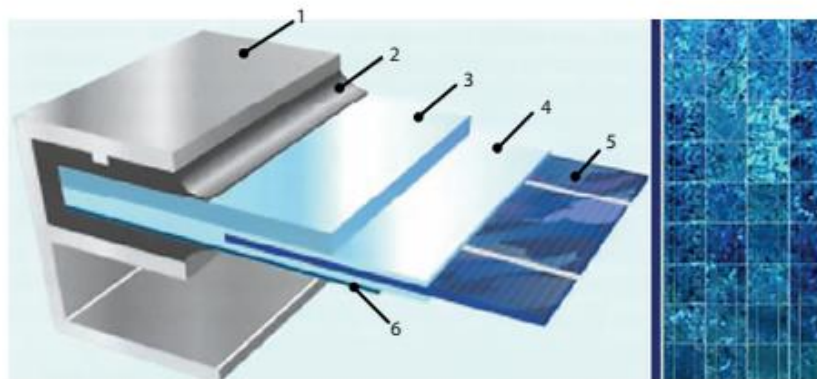


Figura 26 - Estrutura base de um encapsulamento de um módulo fotovoltaico.

Fonte: ASSEMBLY, 2016.

Dentro da imagem, os elementos existentes são:

- 1- Esquadria de alumínio;
- 2- Silicone para reduzir o impacto;
- 3- Vidro temperado;
- 4- EVA;
- 5- Camada de células fotovoltaicas;
- 6- TEDLAR material isolante. (LAU, 2017).

Depois desse processo de compactação, uma peça de alumínio em suas laterais, e o módulo passa para o processo de acabamento. Nas últimas etapas, os módulos vão para um processo de testes, que consiste em averiguar características

elétricas em situações demasiadas, uma, considerando situações ideais e em outra, consideram-se condições reais de trabalho do módulo produzido, como citado na 'Figura 27' a seguir. (FLANDOLI, 2017).



Figura 27 - Máquina de acabamento do módulo fotovoltaico.

Fonte: FLANDOLI, 2017.

2.2.10.1. Tipos e características de módulos fotovoltaicos.

No mercado podemos notar variados tipos de módulos fotovoltaicos, onde os mais utilizados são os Monocristalinos e Policristalinos, que apresentam suas peculiaridades. (LAU, 2017).

2.2.10.2. Módulos Monocristalinos.

Esses módulos contêm a menor quantidade de células ligadas, somados a uma taxa de eficiência em torno de 15% a 21%, isso torna um ponto de maior qualidade, pois os módulos apresentam menor tamanho, ocupando o menor espaço, porém isso reflete em valores menores de corrente e tensão. Assim não seria necessário um grande investimento em equipamentos de proteção. (INFOSOLARIS, 2018).

Em comparação ao módulo policristalino, o custo é muito elevado, pois seu processo de fabricação é lento, demandando alta precisão no processo. O processo por sua vez é baseado inicialmente com a fabricação das células de silício, compostos pela utilização de silício fundido, este por sua vez apresenta alta pureza. Com isso temos a formação de um único lingote de cristal, que posteriormente é cortado em fatias, produzindo as células de silício monocristalinos. Então os fabricantes deixam as células inicialmente de forma arredondada em um formato hexagonal, que permite

maior espaço para alocação dentro de um modulo fotovoltaico, a 'Figura 28' mostra com maiores detalhes as etapas desse processo. (INFOSOLARIS, 2018).



Figura 28 - Etapas de produção de uma Célula Fotovoltaica.

FONTE: CANAL SOLAR, 2020.

Devido a sua maior eficiência, as substituições por módulos monocristalinos podem diminuir, aproximadamente, 10% da quantidade de módulos usados dentro de um sistema ou projeto fotovoltaico, dependendo de suas dimensões. Na 'Figura 29' temos o exemplo de um módulo fotovoltaico monocristalino. (LAU, 2017).



Figura 29 - Módulo Fotovoltaico Monocristalino.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

2.2.10.3. Módulos policristalinos.

Esses módulos precisam ter uma quantidade maior células, aumentando assim seus valores de tensão e de corrente. Como apresentam um tamanho maior, precisam gradativamente de um grande espaço para sua instalação, porém, quando se tem uma área razoavelmente grande, o investimento em módulos policristalinos pode reduzir o preço. (LAU,2017).

Em comparação ao silício monocristalino, células policristalinas são mais baratas para serem produzidas. Contudo, os fluxos da portadora são bloqueados nesse modelo de silício, o que reduz a eficiência da célula, onde as faixas de eficiência encontram-se na faixa de 13% a 16%. Podemos ver um modulo policristalino com a 'Figura 30'. (INFOSOLARIS, 2018).



Figura 30 - Módulo Policristalino.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

2.2.11. Associação de módulos fotovoltaicos.

As associações podem ser do tipo em série, em paralelo ou mista. Cada tipo tem um sistema um valor diferenciado de suas características elétricas. (CARNEIRO, 2010).

2.2.11.1. Módulos ligados em série.

Os módulos fotovoltaicos ligados em série constituem aquilo que normalmente se designa por fileiras. É importante realçar que na associação de módulos fotovoltaicos devem ser utilizados módulos do mesmo tipo, de forma a minimizar as

perdas de potência no sistema. Se os módulos forem do mesmo tipo haverá uma adição de tensões e o mantimento da corrente para todos os módulos. Um conjunto de módulos em série pode ser denominado como 'String'. Podemos ver essa representação com a 'Figura 31'. (CARNEIRO, 2010).

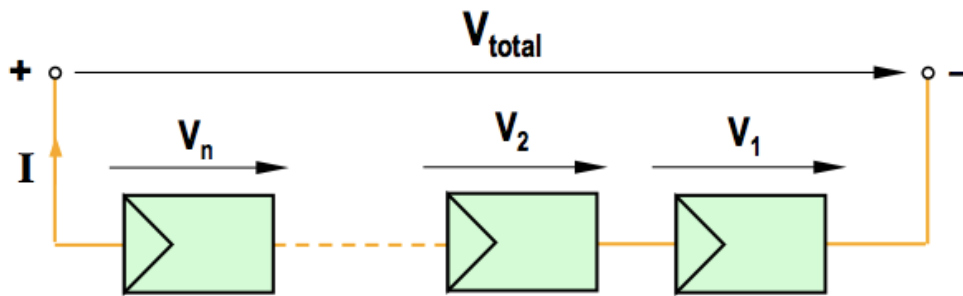


Figura 31 - Módulos Ligados em Série.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

Ou seja:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Podemos ver a representação do aumento da tensão com a 'Figura 32':

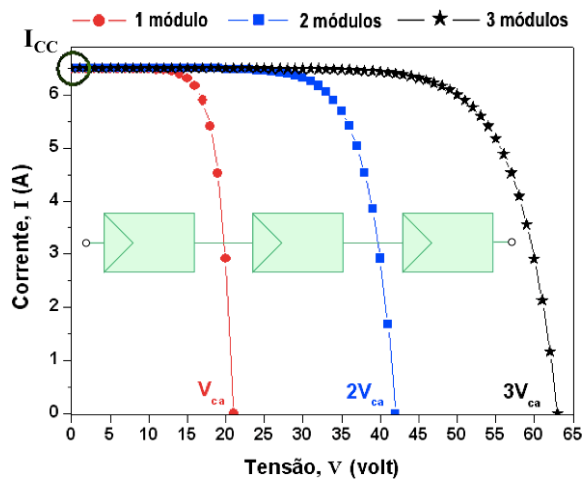


Figura 32 - Curvas características: aumento da Tensão.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

2.2.11.2. Módulos ligados em paralelo.

A ligação em paralelo entre módulos individuais é efetuada quando se pretende obter correntes mais elevadas mantendo o nível de tensão estipulada do módulo. Nesta situação, obtêm-se intensidades de corrente mais elevada, mantendo-se a tensão estipulada do módulo, como mostrado em 'Figura 33'. (CARNEIRO, 2010).

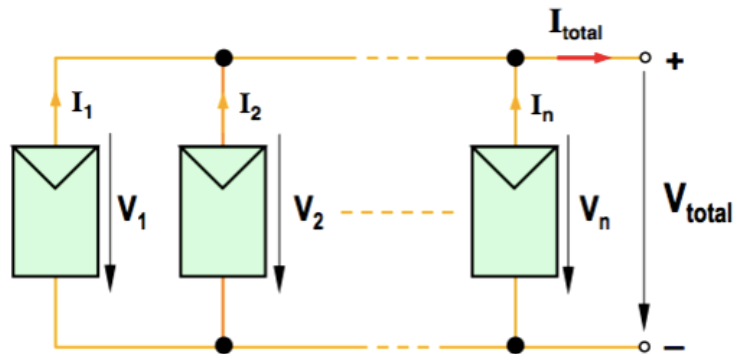


Figura 33 - Módulos ligados em paralelo.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

Ou seja:

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$V_{total} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

Vemos a representação do aumento da tensão com a 'Figura 34':

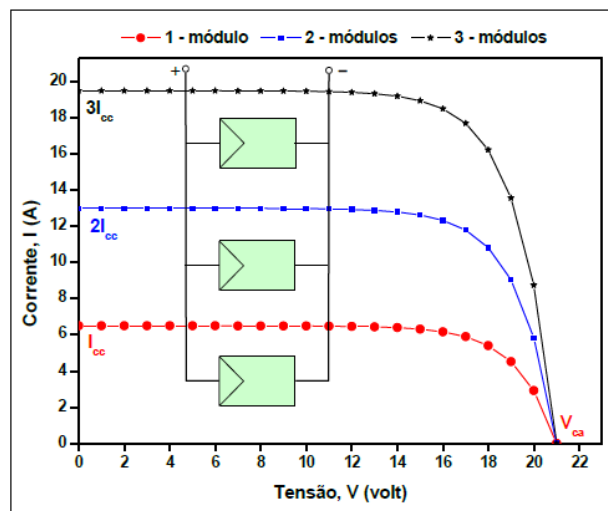


Figura 34 - Curvas Características: Aumento da corrente.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

2.2.11.3. Módulos ligados em solução mista.

As ligações mistas são utilizadas quando é necessário o aumento da corrente e da tensão do sistema. Encontra-se uma interação entre as duas associações. Como mostrado em 'Figura 35'.

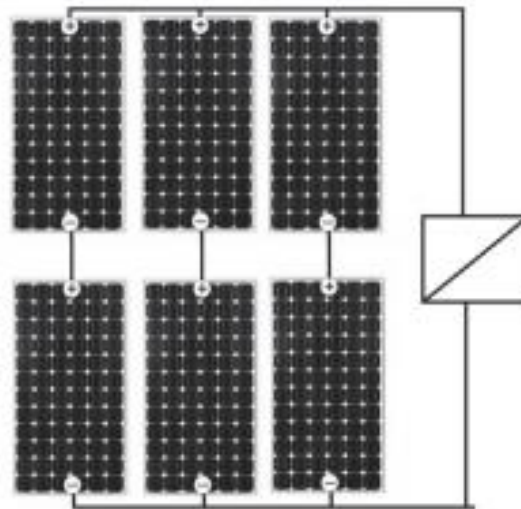


Figura 35 - Módulos Ligados em paralelo e em Série.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

3. ECONOMIA CIRCULAR E SEUS CONCEITOS.

3.1. Princípios da Economia Circular

Segundo informações fornecidas em 2013 pelo 'Ellen MacArthur Foundation', a Economia Circular está pautada em três princípios:

Preservar e Aumentar o capital natural: que consistem em controlar estoques finitos e equilibrar fluxos de recursos renováveis. Neste tópico, o capital natural é o valor inerente aos bens que tiramos da natureza para serem utilizados nos processos produtivos e, para a manutenção dele, é necessário reduzir a extração de recursos, promovendo o uso de energias e materiais renováveis, garantindo a reinserção de insumos de volta na natureza. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

Aperfeiçoar o rendimento de recursos: fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade durante o tempo de vida do

produto, seja em ciclos técnicos (materiais como polímeros, ligas metálicas ou outros materiais sintéticos a serem projetados para serem utilizados novamente, com o mínimo de energia e maior retenção de qualidade), quanto biológicos (materiais e processos não tóxicos, compostados e na maior parte dos casos utilizados na produção de energia a partir de biomassa). Assim, os produtos devem ser recuperados, ou em casos de descarte, reinseridos na cadeia produtiva, contribuindo desta forma, também para a economia. Sistemas circulares estendem o uso de materiais biológicos e promovem modelos de economia compartilhada, ampliando a utilização dos produtos. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

Fomentar a Eficiência do Sistema, revelando as externalidades negativas geradas e excluindo-as dos projetos: Deste modo é preciso conhecer impactos socioambientais presentes ao longo do ciclo de vida dos materiais e produtos, para que possamos reduzir os danos ao meio ambiente, pelo uso da terra, água e poluição sonora, liberação de substâncias tóxicas e mudanças climáticas. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

3.2. Evolução do Pensamento: Origens da Economia Circular.

Questões voltadas à busca do equilíbrio entre desenvolvimento econômico, social e ambiental não são de hoje, compreender a necessidade por tais fatores significa reconhecer por onde, como e porque fazer a transição para uma economia circular, além de relacionar esses processos com debates de sustentabilidade em negócios. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

3.3. Escolas de Pensamento

Notamos a crescente necessidade de reduzir a exploração dos recursos naturais, minimizando os reflexos negativos da economia no meio ambiente e na saúde humana. É visto que em 2050, seremos 10 bilhões de pessoas e com isso é preciso mudar a lógica de produção e consumo e suprimos nossas necessidades. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

Como apresentado, a Economia Circular propõe novos modelos de produtividade e novos indicadores financeiros que implicam em novas relações

comerciais e precisam ser estabelecidas para o desenvolvimento de negócios circulares. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

Com isso, diferentes escolas de pensamento foram surgindo, como apresentado em 'Figura 36', e com elas, fora obtido um grande desenvolvimento e aperfeiçoamento do conceito de Economia Circular ao longo do tempo. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

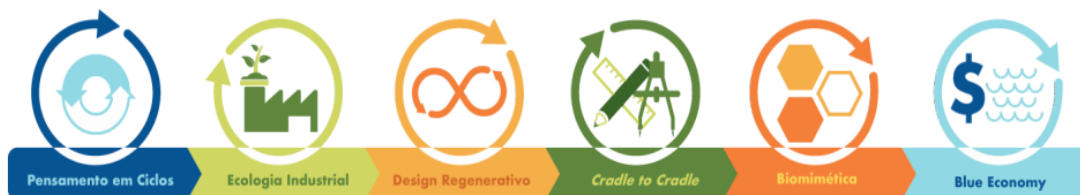


Figura 36 - Escolas de Pensamento.

Fonte: SENAI, 2020.

3.3.1. Pensamento em Ciclos / Economia de Performance.

O arquiteto suíço Walter R. Stahel é um dos pesquisadores pioneiros que, ao final dos anos 70, cria uma das bases mais fortes da Economia Circular: o conceito denominado 'Cradle to Cradle' ou traduzindo: do berço ao berço. (STAHEL W.R., 2019).

Em seu trabalho, critica o uso intensivo de material para gerar riqueza e desenvolve um modelo de pensamento em ciclos que tem como foco a performance de produtos, baseando-se em conceitos, como a redução de recursos, a prevenção de desperdícios, a competitividade econômica e por fim, a criação de empregos através da desmaterialização de produtos, como demonstrado a seguir na 'Figura 37'. (STAHEL W.R., 2019).



Figura 37- Esquemático Pensamentos em Ciclos.

Fonte: SENAI, 2020.

3.3.3. Design Regenerativo:

John T. Lyle (1994) propôs o design regenerativo como um modelo no qual intencionalmente busca reincorporar os materiais aos ciclos produtivos ou biológicos, visando a sua “Renovabilidade”. (CAPITAL INSTITUTE, 2019).

O design regenerativo traz vários princípios que são diretamente aplicados à Economia Circular, fazendo com que ela seja também definida como uma ‘economia regenerativa’. O potencial regenerativo de um sistema é reconhecido desde que todos os sistemas renovem e regenerem sua própria fonte de energia e os materiais que são nele consumidos, mantendo o equilíbrio. (CAPITAL INSTITUTE, 2019).

Onde temos 8 princípios norteadores, demonstrados na ‘Figura 39’, que consistem em:



Figura 39– Princípios da Economia Regenerativa.

Fonte: CAPITAL INSTITUTE, 2019.

3.3.4. Cradle to Cradle

Desenvolvido em 2002, através do estudo de modelos de economia de performance/ economia de ciclos de Stahel, pelo químico Michael Braungart junto ao arquiteto William McDonough, este meio de pensamento aplica a abordagem Cradle to Cradle (berço ao berço) ao desenvolvimento de modelos de negócios com o foco no design pré-produção. (C2CP II, 2017).

Desta forma, o modelo analisa todo o ciclo de vida do produto e de seus materiais, considerando que nutrientes técnicos não devem ter componentes que agredam o meio

ambiente e devem ser concebidos para a posterior desmontagem, e os nutrientes biológicos devem ser biodegradáveis. (C2CP II, 2017).

Uma curiosidade é que tal modelo proposto por McDonough e Braungart deu origem ao programa Cradle to Cradle Certified™, certificação internacionalmente reconhecida para materiais sustentáveis, concedida pelo Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CP II) nos EUA. Atualmente, são 540 certificações ativas, para 8000 produtos (C2CP II, 2017).

3.3.5. Biomimética

Conceito desenvolvido pela bióloga Janine Benyus (2002), é uma abordagem tecnicista inspirada na natureza. O conceito de Biomimética envolve analisar sistemas naturais e reproduzir seu funcionamento no desenvolvimento de tecnologias, buscando contribuições relevantes no processo de criação de formas análogas, funções análogas ou ainda comportamentos análogos. (SEBRAE, 2019).

Esta metodologia envolve biologia, engenharia, design e planejamento de negócios. É aplicada em processos Industriais buscando uma 'imitação'/'reprodução' dos ciclos biogeoquímicos na gestão do fluxo de energia e materiais. (BENYUS J., 2002).

Um exemplo muito antigo e conhecido de aplicação da biomimética é o velcro, demonstrado na 'Figura 40', criado por George de Mestral, após estudar como os carrapichos ficavam grudados no pelo do seu cachorro. Ao ver a semente pelo microscópio, o engenheiro notou que ela era dotada de filamentos entrelaçados e com pequenos ganchos nas pontas, e desenvolveu um processo que funcionava do mesmo modo. (SEBRAE, 2019).



Figura 40 – George de Mestral e sua Criação: O Velcro

Fonte: BENYUS J., 2019.

3.3.6. Blue Economy

Blue Economy ou Economia azul, é uma filosofia que baseia seu conhecimento na forma com que sistemas oceânicos formam, produzem e consomem na busca de processos inovadores que possam substituir os processos industriais tradicionais. (THE ECONOMIST, 2015).

O conceito tem suas origens no movimento ambientalista mais amplo e no desenvolvimento de uma consciência crescente dos pesados danos causados aos ecossistemas oceânicos pela atividade humana, como a sobre pesca, a destruição do habitat, a poluição e o impacto das mudanças climáticas. (THE ECONOMIST, 2015).

Uma economia oceânica sustentável surge quando a atividade econômica está em equilíbrio com a capacidade de longo prazo dos ecossistemas oceânicos de suportar esta atividade e permanecerem resilientes e saudáveis. Temos uma visualização mais clara dos preceitos da Economia Azul, demonstrado na 'Figura 41': (THE WORLD BANK, 2017).



Figura 41– Blue Economy.

Fonte: THE WORLD BANK, 2017.

3.4. Uma Necessidade maior.

Diante de toda a tendência mundial de busca e implementação de práticas de desenvolvimento econômico sustentável e de interações socioambientais responsáveis entre indústria, governo e sociedade, consolida-se no cenário internacional um novo modelo de crescimento que reúne várias escolas de pensamento, mecanismos e estratégias para a superação dos desafios encontrados na busca por um desenvolvimento econômico sustentável. (EMF, 2015).

É um olhar mais abrangente que desenvolve novas cadeias de valor e novas relações comerciais gerando novos mercados e empregos que trazem benefícios para a sociedade como um todo. Isto porque o crescimento acontece ao mesmo tempo em que previne a extração insustentável de recursos naturais e, portanto, a redução do impacto ao meio ambiente é uma consequência positiva deste novo modelo econômico. (EMF, 2015).

Além disso, é importante destacar que quando falamos em Economia Circular, estamos falando não somente de inovação tecnológica, produção mais limpa ou uso eficiente de recursos, pois estas práticas irão apenas retardar o processo de desgaste ambiental. Estamos falando de novas práticas de negócio que provocam um repensar do modelo produtivo que influencia o design e desenvolvimento de produtos, promovendo também uma revisão de valores e atitudes na sociedade e um repensar no modo como consumimos. (EMF, 2015).

3.5. Design como Fator Transformador.

Para repensar o sistema econômico atual, temos a necessidade de reavaliação de produtos e serviços, e somados a isso, a conexão direta com o design é totalmente essencial. O lixo é um grande problema na nossa sociedade e em poucos anos será insustentável. Com o desenvolvimento de produtos que voltam para o ciclo produtivo, o lixo não existirá. (SCHUCH, 2016).

Então, é necessário pensar em uma nova forma de design, um dos princípios-chaves da Economia Circular, pois uma vez que não existe mais descarte de produtos, o design dos produtos deve mudar. Assim, ao invés de resolver problemas (o que fazer com o lixo), pensamos de forma diferente: como aplicar nossos recursos naturais e sociais em um sistema circular que favoreça novas atividades e assim gere um desenvolvimento econômico mais transparente e com menos impacto. (SCHUCH, 2016).

3.5.1. O Novo Papel do Designer

A economia circular explora uma nova forma de desenvolver, comercializar e se relacionar com produtos. Com isso, pensar em design circular é um grande passo para a criação de um sistema que prolonga a vida útil desses produtos. (SCHUCH, 2016).

Com várias abordagens diferenciadas, o designer será a profissional chave deste processo. Ele terá o papel de questionar a função do produto e qual a melhor forma de utilização de recursos e materiais. Isto porque, ao repensar produtos para que atendam a vários ciclos, permitimos que as empresas possam aplicar novos modelos de negócios, inclusive transformar o produto em serviço e o consumidor em usuário. (SCHUCH, 2016).

3.6. Os Desafios e Oportunidades

Além do design, as bases da sustentabilidade ainda devem ser aplicadas ao design circular, de forma a estabelecer condições justas e dignas de trabalho, avaliar processos produtivos e seus impactos, revendo os materiais e insumos necessários em produtos e serviços. Porém, a grande oportunidade da Economia Circular está exatamente em oferecer algo que vai além do desenvolvimento tecnológico: a oferta de valor ao indivíduo, que através do design pode gerar uma nova experiência na compra/uso dos produtos. (STEELCASE, 2019).

Dentre as experiências no consumo e usos dos produtos, os assuntos que mais possuem destaque a serem trabalhados estão diretamente relacionados a avaliação de processos e impactos, junto a revisão de materiais e insumos buscando atender condições mínimas de trabalho, gerando valor a indivíduos e desenvolvimento tecnológico, sempre conciliados com um design circular abrangente dentre os processos, que atenda requisitos de sustentável, agradável e atraente aos olhos dos consumidores: (STEELCASE, 2019).

Estratégias definitivas incorporam decisões em longo prazo no momento do design, para atender a todos os princípios da economia circular e apresentar conexões para que não exista o fim do ciclo, mas um novo ciclo. Desta forma, produtos devem ser desenvolvidos completamente livres de componentes tóxicos, para não gerar danos sociais e nem ambientais durante sua produção/distribuição. E para que também possam ser reutilizados de forma segura, através de novas relações comerciais, estabelecendo parcerias para a coleta, reuso reciclagem ou compostagem, assim demonstrado na 'Figura 42' a seguir: (STEELCASE, 2019).



Figura 42 – Focos Design Circular.

Fonte: STEELCASE, 2017.

3.7. Durabilidade, Adaptabilidade e Reparabilidade.

Outra forma de pensar na circularidade na hora do design, é considerar como o produto se comporta nas mãos do usuário, qual propósito ele atende e qual mensagem é possível promover através das escolhas de design. Por isso é importante pensar em durabilidade, adaptabilidade e reparabilidade. (SCHUCH, 2016)

3.7.1. Durabilidade

A durabilidade de um produto é medida por quanto tempo o produto fornece um serviço útil e significativo ao seu usuário. Em outras palavras, desenvolver produtos duráveis pode agregar valor e gerar confiança devido à sua facilidade de manutenção, alta qualidade e resistência de materiais e estilo atemporal. (SCHUCH, 2016)

3.7.2. Adaptabilidade

Outra forma de design é pensar na adaptabilidade de produtos. Isso inclui possíveis updates ou alterações, ou ainda ajustes às diferentes ocasiões, climas e necessidades. Esse leque de possibilidades pode ser entregue ao cliente na forma de produtos, kits extras ou podem ser oferecidos como serviços extras através da própria empresa ou parceiros selecionados. (SCHUCH, 2016)

3.7.3. Reparabilidade

Desenhar um produto para ser reparado significa simplificar os componentes e repensar a maneira como suas partes são montadas. Aplicar o design para modularidade na desmontagem, por exemplo, implica que cada peça de um produto possa ser retirada, suportando sua reparabilidade (e futura reciclagem). Esse

serviço pode ser oferecido pela empresa, por parceiros selecionados ou com a ajuda de instruções ao cliente final. (SCHUCH, 2016)

Podemos analisar melhor estes três pilares de uma forma mais nítida com a 'Figura 43':



Figura 43– Durabilidade, Adaptabilidade e Reparabilidade.

Fonte: SCHUCH, 2016.

3.8. Reciclagem

Como a empresa de uniformes é a proprietária da roupa e deve se responsabilizar por seu “fim”, você, como designer, ainda pode abordar estratégias mais complexas para atender à reciclagem futura. O Design para a “Reciclabilidade” avalia como o produto, em um todo, pode ser reciclado. (SCHUCH, 2016)

Por exemplo, pensar em mono materiais, ou seja, roupas que são feitas de apenas uma composição e que podem seguir facilmente um processo de reciclagem, pode facilitar esse novo processo industrial, como o caso de roupas de algodão ou roupas de poliéster, que poderia ser desfibrada ou reprocessada para a produção de um novo filamento e fio têxtil. (SCHUCH, 2016)

3.9. O Design como chave:

Com isso, design circular pode assumir várias formas, dependendo da finalidade do produto ou negócio. Ao projetar para durabilidade, adaptabilidade e reparabilidade, o objetivo é estender a fase de uso por mais de um proprietário. (SCHUCH, 2016)

Ao projetar para reciclagem e biodegradabilidade, o objetivo é garantir que produtos e materiais sejam retornados ao sistema e utilizados em um processo regenerativo. (SCHUCH, 2016)

Tais fatores tornam possível a definição de ‘conceitos-chaves’, onde em um sistema circular o desperdício não existe, porque os produtos e materiais são circulados indefinidamente em ciclos técnicos ou biológicos e o design circular requer repensar a maneira como os produtos são criados e produzidos, mas também repensar o sistema do qual fazem parte, abrangendo uma série de etapas, atividades e setores participantes, como representados no seguinte esquema em ‘Figura 44’. (SCHUCH, 2016)



Figura 44– Design como Fator Transformador

Fonte: SCHUCH, 2016.

3.10. A Aplicação de Técnicas junto aos Sistemas Fotovoltaicos para a formação de um Ecossistema Favorável.

Ao analisar os dados apresentados, a busca por novos materiais, tecnologias modelos de negócio em processos industriais, produtos e sistemas de iluminação vêm se tornando algo essencial para o progresso de novas relações dentro de nossa sociedade, sejam sociais, econômicos ou sustentáveis.

Para conseguirmos aplicar conceitos de um modelo circular em sistemas Fotovoltaicos, podemos utilizar demasiadas técnicas e modelos, estes, que buscam estender ao máximo a vida útil dos equipamentos, seja por meio de reparos e dentre outros. E em caso

de descarte, buscar meios para que o equipamento não gere prejuízos ao ambiente, reutilizar o equipamento, através de reciclagem, simbiose Industrial entre outras técnicas.

Contudo, é necessária uma maior precaução para não achar que elementos isoladamente sejam suficientes para a circularidade, pois várias tecnologias contribuem para acelerar novos modelos de negócio circulares, e caso andem em cooperação, o tempo para atingirmos a circularidade dentro de nossa economia será drasticamente reduzido. Este efeito pode ser comparado com as peças de um dominó como mostrado na 'Figura 45', sendo necessário um conjunto de todas as peças para que haja todo o relacionamento do sistema.



Figura 45 - Novos modelos de negócios

Fonte: SCHUCH, 2016.

4. MERCADO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO.

4.1. Cenário Mundial e Políticas de Mercado.

Conforme a IEA (International Energy Agency), como mostrado na 'Figura 46' a seguir, em 2015 a energia fotovoltaica teve uma capacidade total instalada de 227 GWP². (PORTAL SOLAR, 2020).

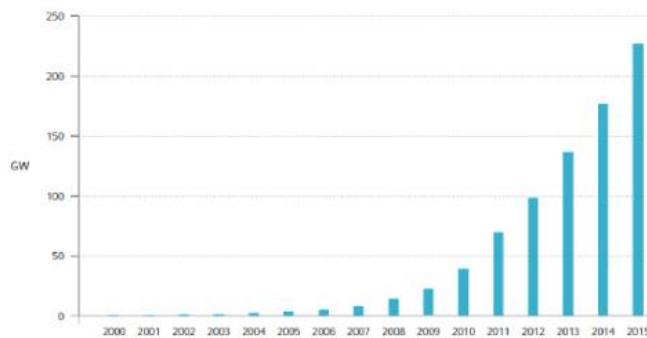


Figura 46 - Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica.

Fonte: NASCIMENTO, 2017.

Entre 2000 e 2015 a capacidade instalada de geração de energia solar teve um crescimento de aproximadamente 41% anual. Representado pela 'Tabela 1', a China lidera o ranking de capacidade instalada de energia fotovoltaica. Os países que apresentam a maior ampliação da capacidade de geração de energia fotovoltaica são citados na 'Tabela 2'. (NASCIMENTO, 2017).

1		China	43,5 GW
2		Germany	39,7 GW
3		Japan	34,4 GW
4		USA	25,6 GW
5		Italy	18,9 GW
6		UK	8,8 GW
7		France	6,6 GW
8		Spain	5,4 GW
9		Australia	5,1 GW
10		India	5 GW

Tabela 1 - Os 10 países com maior capacidade instalada de geração Fotovoltaica.

Fonte: NASCIMENTO, 2017.

1		China	15,2 GW
2		Japan	11 GW
3		USA	7,3 GW
4		UK	3,5 GW
5		India	2 GW
6		Germany	1,5 GW
7		Korea	1 GW
8		Australia	0,9 GW
9		France	0,9 GW
10		Canada	0,6 GW

Tabela 2 - Os 10 países com maior capacidade Instalada em 2015.

Fonte: NASCIMENTO, 2017.

Atualmente, a adoção de sistemas fotovoltaicos tem crescido exponencialmente nos últimos anos. De acordo a IEA, a adoção de sistemas solares pode chegar a um aumento de 30% em 2022 nos países com maior capacidade instalada de geração: China, Alemanha, Japão e Estados Unidos (EUA). (PORTAL SOLAR, 2020).

É possível de se observar países com grande incidência de expansão no mercado energético fotovoltaico, devido ao aumento de demanda de abastecimento, como o caso da Itália, Grécia e Alemanha. Embora a demanda de países de primeiro mundo como China e EUA vem aumentando cada vez mais, esses por sua vez, não apresentam grande enfoque em aumentar o abastecimento da população por meios de energias solares. (PORTAL SOLAR, 2020).

Com esses índices comprovando o desenvolvimento de abastecimento energético por fontes renováveis de energia como o caso de energia solar, muitas políticas de incentivo à tecnologia vêm sendo aderidas no mundo. Assim, sugestões e incentivo a fabricação, importação de equipamentos e modelos de regulamentação para a comercialização da geração por essa fonte, vem se tornando cada vez mais presente em distintos países do mundo. (PORTAL SOLAR, 2020).

Em 2019, a capacidade de produção de energia solar no mundo foi estabelecida em 512,3 GW de instalações fotovoltaicas, compostos principalmente por sistemas conectados à rede elétrica (ON-GRID). Entre os países com maior utilização e implementação dessas tecnologias podemos citar: Índia (32,9 GW), Reino Unido (13 GW), Grécia (2,7 GW), República Tcheca (2,2 GW), Romênia (1,4 GW), Ucrânia (1,3 GW), Bulgária (1 GW) e Eslováquia (0,5 GW), entre outros. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.1. Energia Solar no Japão.

A história das tecnologias fotovoltaicas no Japão começou em 1994, com o programa de “70 mil telhados solares”, que com U\$ 457 milhões em investimentos, junto à redução fiscal para indústria solar e subsídios para o financiamento de energia solar, buscou a adoção desses sistemas para abastecimento de energia. Os resultados foram um grande aumento de 15 MW de 1993 para 127 MW em 2001. (PORTAL SOLAR, 2020).

A potência instalada aumentou de 6.707 MW em 2013, chegando até mesmo a 42.750 MW em 2016, ficando apenas atrás da China. Em seguida, no ano de 2019, o país expandiu seus negócios, instalando a primeira usina solar no Brasil, com 1,3 GW de potência instalada. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.2. Energia Solar na Alemanha.

O cenário da Alemanha foi composto por distintos incentivos, desde os últimos anos, que consolidaram a Alemanha como a maior referência em fomento à geração de energia solar fotovoltaica mundial. (PORTAL SOLAR, 2020).

A lei 'Feed-in-Law' estabelecida em 1991 marcou o início de políticas de incentivo a energia fotovoltaica na Alemanha. Esta por sua vez deu início a venda de energia provinda da geração distribuída, onde as concessionárias eram obrigadas a comprar toda energia gerada por sistemas fotovoltaicos, pagando em forma de créditos energéticos por toda energia gerada. (PORTAL SOLAR, 2020).

Entre 1991 a 1995, foi instituído o Programa chamado de '1 Mil Telhados Fotovoltaicos', que ofereceu um auxílio de 70% do custo inicial para a instalação de projetos. (PORTAL SOLAR, 2020).

Em 1999, o programa "100.000 Roofs Solar Programme", estabelecido pelo governo, objetivava a instalação de 10 mil telhados solares, contando com um financiamento de 0% de juros e 10 anos para o financiamento. (PORTAL SOLAR, 2020).

No ano de 2000, foi aprovada a lei obrigatória que estabeleceu a obrigatoriedade das companhias de energia elétrica, a pagar, em dinheiro, os consumidores que devolvem o excedente de energia gerada nos sistemas de microgeração, como créditos energéticos. (PORTAL SOLAR, 2020).

Atualmente em 2018, o país trabalha com a redução da emissão de CO₂, onde encontra-se com 32% abaixo dos níveis do ano de 1990, estimando uma redução de 40% da redução para os próximos anos. Em 2019, foi estimado que a Alemanha produzisse 35% da eletricidade a partir de fontes de energias renováveis, para que até 2050, em um cenário ideal, seja possível atingir 100% do abastecimento da população por meio de energia proveniente de fontes limpas, inesgotáveis e renováveis. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.3. Energia Solar nos EUA.

As iniciativas para a adoção de sistemas fotovoltaicos tiveram um marco inicial em 2006, quando foi estabelecido o programa do estado da Califórnia: “Million Solar Roofs Plan”, visando a instalação de sistemas fotovoltaicos em um milhão de telhados. Isso resultou na instalação de 18 GWp de potência até 2018. (PORTAL SOLAR, 2020).

Em seguida, no ano de 2008, o departamento de energia do governo dos Estados Unidos, declarou investimentos de US\$17,6 milhões em seis companhias de energia, tornando a energia fotovoltaica competitiva através do desenvolvimento tecnológico. (PORTAL SOLAR, 2020).

Com diversos incentivos fiscais e políticas de financiamento, em 2010, cerca de quarenta estados adotaram o sistema de ‘net metering’, que forneceu taxas de financiamento mais baixas para sistemas de geração de energia fotovoltaica, somadas a deduções de impostos entre políticas de incentivo, aplicadas pelo governo. (PORTAL SOLAR, 2020).

Por fim, no ano de 2019, devido ao constante crescimento do fornecimento de energia solar no mundo, é estimado que em até 2022, o uso da fonte renovável chegue a 30% segundo a IEA. (PORTAL SOLAR, 2020).

Com todas essas medidas de incentivo, os Estados Unidos, obteve um mercado consolidado em geração distribuída. Isso forneceu aos consumidores, a popularidade de novos produtos financeiros em formatos de PPA (Power Purchase Agreements) ou conhecidos como leasing, que consistem em relações de compra de energia, permitindo grandes consumidores adquirir energia elétrica para suas operações, incentivando ao mesmo tempo o aumento de fontes renováveis na matriz energética, o que resulta alta economia imediata através de fontes de energia renováveis, como o caso de tecnologias fotovoltaicas. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.4. Energia Solar na China.

Devido a sua população representar cerca de aproximadamente um quinto da população mundial, a China é um dos países com maior consumo e produção de energia elétrica, principalmente solar no mundo. Atualmente o país tem o objetivo de implementar 35% de combustíveis não fósseis em sua matriz energética, reduzindo

impactos de atividades industriais, comerciais e até mesmo domésticas no meio ambiente. (PORTAL SOLAR, 2020).

Uma vantagem existente são os custos mais baixos para produção de energia solar no país. Isso ocorre devido a grandes incentivos governamentais existentes para a adoção dos sistemas. Existem dentro do território chinês cerca de 400 empresas operando. E graças a isso, estima-se que até 2030 a capacidade de energia fotovoltaica do país chegue à casa dos 400 GW. (PORTAL SOLAR, 2020).

Por ser também uma das maiores fabricantes de painéis solares no planeta, a China possui uma das maiores usinas fotovoltaicas já construídas. Além disso, dados apontam que o próprio país é responsável pelo consumo de 50% da produção mundial de painéis solares, o que o deixa no caminho certo para a independência energética. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.5. Energia Solar na Espanha.

Segundo a UNEF (União Fotovoltaica da Espanha), houve um aumento de 94% na produção de energia fotovoltaica durante os últimos anos no país. De acordo com a instituição, no ano de 2018 foi instalado cerca de 261,7 MW de novos sistemas interligados a rede, somados a 235,7 MW com a finalidade de autoconsumo remoto. (PORTAL SOLAR, 2020).

Todo esse crescimento é justificável ao analisar todos os estímulos governamentais à utilização de sistemas fotovoltaicos, que passam a diminuir custos de instalação e manutenção para consumidores finais. (PORTAL SOLAR, 2020).

A principal usina fotovoltaica do país é chamada de 'Gemasolar', com alta eficiência, podendo trabalhar 24 horas por dia. Essa por sua vez acumula energia dos raios solares, produzindo energia elétrica até mesmo em momentos sem a presença de luz solar direta, como em dias chuvosos e nublados, ou até mesmo na noite. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.1.6. Energia Solar na Índia.

A fim de substituir o meio principal de gerar energia, através do carvão, a Índia começou a colocar em prática seus planos da adoção de sistemas fotovoltaicos para o abastecimento de energia. Desde o marco, o país está entre os que mais

investem em fontes renováveis de energia, objetivando que até 2030, seja possível a produção de 100 GW de energia fotovoltaica no país. (PORTAL SOLAR, 2020).

Graças a subsídios governamentais para a compra e instalação de sistemas de energia solar, atualmente, há em território indiano cerca de 863 MW instalados, os negócios no ramo vêm se tornando muito lucrativos para o mercado indiano, deixando essas fontes muito promissoras ao futuro do país. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.2. Energia solar no Brasil.

4.2.1. O Cenário Brasileiro para a Energia Solar.

O crescimento de fontes renováveis de energia na matriz energética do Brasil vem se consolidando em grandes proporções nos últimos anos, isso graças a variados benefícios econômicos e ambientais. A energia solar no Brasil representa aproximadamente 1,7% de toda matriz energética, sendo notável um aumento desses números, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. (PORTAL SOLAR, 2020).

A energia solar está sendo utilizados principalmente em residências, e demais estabelecimentos que objetivam reduzir a fatura de energia, seja pelo aquecimento de água, ou através da geração de energia elétrica. (PORTAL SOLAR, 2020).

O país apresenta um grande potencial de geração de energia por meio da energia solar, pois graças a sua localização geográfica, é destacado em quase todo território nacional altos níveis de incidência solar, superiores a de países que desenvolvem projetos fotovoltaicos com mais incidência, como o caso da Alemanha, França e Espanha. Além de possuir reservas de quartzo, que são elementos fundamentais para a produção de silício, o que permitiria a produção de células e módulos fotovoltaicos. (NASCIMENTO, 2017). (PORTAL SOLAR, 2020).

Desta forma, é necessário para que o Brasil explore cada vez mais todo o potencial que possui para geração de energia solar. É estimado que no ano de 2024, no país, já tenham sido instalados 887 mil sistemas de energia solar conectados à rede, o que irá fornecer uma alta economia em relação às distribuidoras de energia elétrica, além de uma grande contribuição com questões ambientais do País. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.2.2. Evolução do Brasil para Geração de Energia Solar.

Com uma capacidade gigantesca para produção de energia e esforços do governo somados a uma poderosa iniciativa privada, o país está cada vez mais próximo de atingir seu ápice de potencial para se tornar uma potência no mercado de energia fotovoltaica. (PORTAL SOLAR, 2020).

O Brasil no final de 2016, possuía 85 MWp de energia solar fotovoltaica instalada, representando cerca de 0,05% da capacidade total a capaz de ser instalada. Atualmente dados afirmam a existência de aproximadamente 285.366 sistemas fotovoltaicos ligados à rede, onde com recordes em âmbitos de produção de energia elétrica fotovoltaica, é apresentada uma média diária de 753,1MW de potência, o que levou o país no ano de 2019 a 16º posição no ranking mundial de produtores de energia fotovoltaica. (PORTAL SOLAR, 2020).

Ao analisar a Figura 37, os produtores dentro do país, vemos que o estado de Minas Gerais apresenta a maior capacidade fotovoltaica instalada, com 671,5MW, seguido do Rio grande do Sul com 446,9MW e São Paulo com 440,1MW. Embora tenhamos um considerável número de sistemas instalados, a matriz energética brasileira, conta com mais de 173.279 MW, onde a energia solar representa aproximadamente 1,7% do total. (PORTAL SOLAR, 2020).

O preço da energia solar no Brasil no mercado se mostrou caindo drasticamente ao passar dos anos, onde ao analisar, em 2013, o preço era de aproximadamente R\$ 103,00, e no ano de 2019 o preço médio foi de R\$ 17,62, contudo, atualmente, o preço sofreu um leve aumento, estando por volta dos R\$ 20,33, como podemos ver na 'Figura 47' a seguir. (PORTAL SOLAR, 2020).

Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.

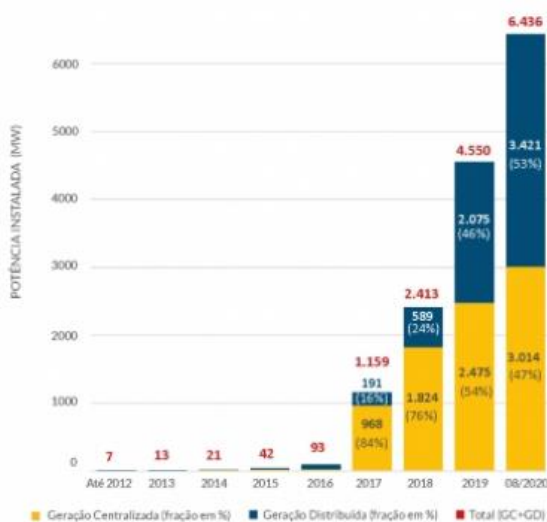


Figura 47 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: PORTAL SOLAR, 2020.

4.2.3. Matriz Energética e Utilização.

No Brasil, o uso de fontes solares, como mostrado em 'Figura 48', corresponde a 1,7% da matriz energética brasileira, onde a energia produzida por residências corresponde por 72,6% desses valores, seguida de comércios e serviços representando 17,99% e pôr fim a energia solar rural, com os 6,25% restantes. (PORTAL SOLAR, 2020).

Cerca de 30 mil imóveis aderiram a energia solar fotovoltaica no país, atingindo em 2019 cerca de 4.460 MW de potência instalada, um crescimento de 45% com o ano de 2018. (PORTAL SOLAR, 2020).

Entre as principais finalidades, podemos tirar proveito de energia solar de diferentes formas, por meio de energia térmica com aquecimento e geração de energia elétrica com tecnologias fotovoltaicas, por exemplo. E com isso, esta, por sua vez passa a ser utilizada para redução dos valores das faturas de energia, redução de sobrecarga dos sistemas das distribuidoras, e principalmente para redução de impactos ambientais em todo território brasileiro. (PORTAL SOLAR, 2020).

Além disso, é possível a utilização de sistemas de energia fotovoltaica para consumo próprio, interligados com a rede, seja em micro e minigeração, distribuída

ou centralizada. Podemos visualizar todas as questões que abordam e regulamentam questões de minigeração e microgeração, distribuída e centralizada na Resolução 482 da ANEEL, que será abordada posteriormente. (PORTAL SOLAR, 2020).

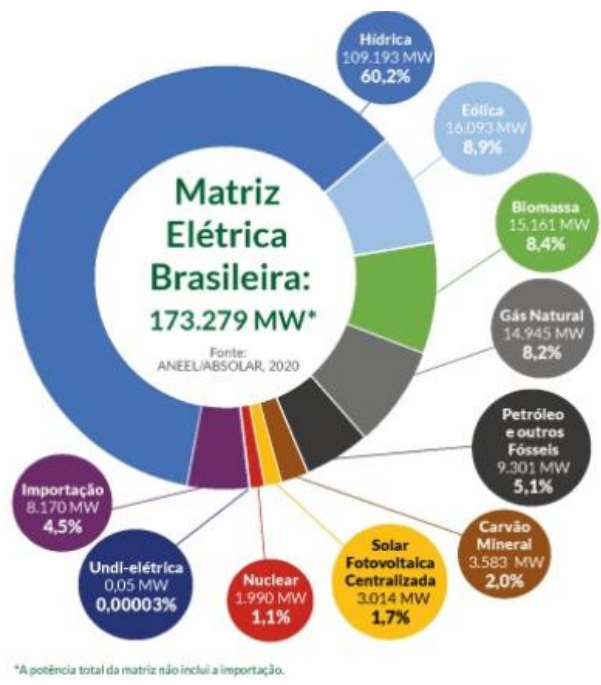


Figura 48 - Matriz Energética Brasileira em 2020

Fonte: PORTAL SOLAR, 2020.

4.2.4. Resolução Normativa 482 (REN-482).

Desde abril de 2012, se tornou possível à geração de eletricidade a partir de fontes renováveis pelos consumidores de energia elétrica do Brasil que conectando seus sistemas de micro ou minigeração à rede elétrica, foi possível o recebimento de créditos de energia em suas contas de luz na forma de descontos, onde tais processos são denominados de Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). (ECORI ENERGIA SOLAR, 2018).

Desde o surgimento da REN-482 em 2012, a norma já passou por dois processos de revisão em 2015 e 2017, esses deram origem a REN-687 e REN-786, normativas “complementares” que visam facilitar a geração de energia por fontes renováveis por pessoas e empresas, embora a norma em vigor aplicável aos sistemas continuou sendo a REN-482, uma vez que as outras apenas promoveram alterações a ela. (ECORI ENERGIA SOLAR, 2018).

Dentro dos principais conteúdos e alterações abordados pela norma, podemos citar: (ENERGIA SOLAR SOL CENTRAL, 2017).

- O estabelecimento de modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada, onde temos uma iniciativa para a geração em terrenos afastados do local de consumo, desde que sejam atendidos pela mesma concessionária de energia elétrica, permitindo também a adoção do sistema de compensação de energia por vizinhos interessados;

- A possibilidade de compensar créditos de energia entre a matriz e as filiais de determinada empresa ou grupo empresarial;

- A adoção de sistemas de geração distribuída condominiais, quando compostas por pessoas físicas e jurídicas;

- Ampliação da potência máxima de geração de 1MW para 5MW;

- Aumento da duração dos créditos a serem utilizados na compensação de energia elétrica de 36 meses para 60 meses;

- Diminuição do tempo dos tramites com as concessionárias para a adoção de sistemas;

- Padronizar formulários de pedido de acesso para todo território nacional;

- Possibilidade de submissão e acompanhamento de novos pedidos através da internet a partir de 2017.

- Entre outros. (ENERGIA SOLAR SOL CENTRAL, 2017).

Embora a norma venha passando por constantes mudanças, que envolvem tanto questões políticas como técnicas, a REN-482 veio como um meio para regulamentar, facilitando com distintos incentivos e permissões os novos meios de geração de energia, seja por micro ou minigeração, distribuída ou centralizada. (ENERGIA SOLAR SOL CENTRAL, 2017).

4.2.5. Consórcios e Cooperativas de Energia Solar.

Ao analisar as modalidades de geração distribuída de energia, vemos que temos um grande progresso e avanço das variáveis dentro do mercado brasileiro.

Com a REN-482 citada anteriormente regulamentando e estabelecendo as condições gerais para acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica ao SCEE, somadas as revisões da Geração Distribuída com a REN-687, tivemos algumas importantes inovações:

- Ampliação da potência permitindo geradores até 5MW;
- Créditos obtidos pela produção válidos até 60 meses;
- Formato de geração compartilhada entre consumidores, permitindo a distribuição de créditos de energia de uma instalação de geração única;
- Possibilidade da criação de 'condomínios geradores', onde proprietários de distintas unidades consumidoras possam distribuir créditos entre diversas faturas de energia elétrica (Empreendimento com múltiplas Unidades Consumidoras). (CANAL SOLAR, 2019).

Com esses fatores, junto a REN-687, os conceitos de geração compartilhada de energia, permitiram com que consumidores se reúnam de forma a compartilhar uma unidade geradora de maior porte e obtendo uma grande economia dentre esse tipo de arranjo. (CANAL SOLAR, 2019).

Conforme a alínea VII do artigo 2º da REN 482, temos a caracterização do modelo de geração em que um grupo de consumidores pode se reunir em consórcios ou cooperativas a fim de gerar energia: (CANAL SOLAR, 2019).

Art. 2º

(...)

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Contudo, a reunião de consumidores distintos para geração compartilhada, temos a necessidade de que entre eles seja estabelecido um documento comprovando a reunião afetiva de vontades (através de consórcios ou cooperativas de consumidores), estabelecendo o compromisso de solidariedade entre participantes. (CANAL SOLAR, 2019).

4.2.5.1. Consórcios de Empresas. (CNPJ's)

Ao se tratar de pessoas jurídicas apresentando CNPJ's distintos a participar do rateio de créditos produzidos por uma usina geradora, a formação do consorcio deve seguir: (CANAL SOLAR, 2019).

Analisar o disposto na alínea III do Art. 4 da Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil nº 1.634/2016, para fins de inscrição de CNPJ/MF

Rito Disposto nos artigos 278 e 279 da Lei nº 6.404/76 (Lei das S/A) que dizem:

“Art. 278. As companhias e quaisquer outras sociedades, sob o mesmo controle ou não, podem constituir consórcio para executar determinado empreendimento, observado o disposto neste Capítulo.

1º O consórcio não tem personalidade jurídica e as consorciadas somente se obrigam nas condições previstas no respectivo contrato, respondendo cada uma por suas obrigações, sem presunção de solidariedade.

(...)

Uma vez formado, o Contrato de Consórcio deve ser registrado na Junta Comercial do Estado da federação da sede, devendo respeitar o que diz a Lei nº 6.404/76 – Art. 279:

O consórcio será constituído mediante contrato aprovado pelo órgão da sociedade competente para autorizar a alienação de bens do ativo não circulante, do qual constarão:

I – A designação do consórcio se houver;

II – O empreendimento que constitua o objeto do consórcio;

III – a duração, endereço e foro;

IV – A definição das obrigações e responsabilidade de cada sociedade consorciada, e das prestações específicas;

V – Normas sobre recebimento de receitas e partilha de resultados;

VI – Normas sobre administração do consórcio, contabilização, representação das sociedades consorciadas e taxa de administração, se houver;

VII – forma de deliberação sobre assuntos de interesse comum, com o número de votos que cabe a cada consorciado;

VIII – contribuição de cada consorciado para as despesas comuns, se houver.”

4.2.5.2. Cooperativas de Consumidores (CPFs)

Ao se tratar de consumidores apresentando apenas CPFs (Pessoas Físicas), conforme a REN-482, o instrumento para reunião deles são as cooperativas. (CANAL SOLAR, 2019).

A constituição de cooperativas deve seguir as regras gerais previstas no Código Civil (arts. 1.093 a 1.096), como disposto em Lei n. 5.764/71 (Lei das Cooperativas), onde é estabelecido que cooperativas são sociedades de pessoas, com forma e natureza jurídica própria, e, independentemente de seu objeto, a Lei (parágrafo único do art. 982 da CC) as definem como sociedade simples, não sujeitas a falência, constituídas para prestar serviços aos associados (art. 4º da lei nº 5764/76). (CANAL SOLAR, 2019).

Para a concessionária de energia, a cooperativa, para adoção do sistema de compensação, deverá apresentar seus documentos constitutivos (Ata de Constituição / Estatuto), junto ao formulário de rateio de créditos devidamente aprovados em assembleia pelos consumidores participantes. (CANAL SOLAR, 2019).

Deste modo, assim que formadas, as cooperativas podem construir suas usinas de geração de energia, ou locar uma usina geradora de terceiros investidores.

4.2.6. Evolução do Preço da Energia Solar em leilões de Energia no Mercado Regulado.

Com o passar do tempo, o Brasil avança cada vez mais em direção ao melhor proveito de todo seu potencial energético. Com investimentos privados e distintos incentivos governamentais, o crescimento da produção de energia solar fotovoltaica gerou mais de 190 mil empregos, fomentando a com contribuições tributárias em mais de R\$9,6 bilhões. (PORTAL SOLAR, 2020).

Em 2012, o país apresentava apenas 7MW de potência instalados em geração distribuída, somados a zero de geração centralizada, o que com o tempo, atualmente temos mais de 6.436 MW, divididos entre ambas as categorias. (PORTAL SOLAR, 2020).

O alto crescimento se deu graças à alta queda de preços das fontes fotovoltaicas em leilões. Em 2013, o preço médio de um equipamento era de aproximadamente R\$103,00, e foi caindo atingindo R\$44,31 em 2017 e por fim R\$20,33 em 2019, ano com leilão mais competitivo já registrado. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.2.7. Evolução do Brasil no Ranking Mundial.

Todo esse crescimento resultou com que o Brasil subisse posições no ranking mundial de países que mais investem em energia fotovoltaica, como também, aqueles que possuem maiores capacidades de geração de energia solar. (PORTAL SOLAR, 2020).

Em 2019, o Brasil terminou em 12º colocado no ranking mundial na categoria de capacidade adicionada. Em capacidade instalada acumulada, o mesmo ficou em 16º colocado. Assim, ao analisar a escalada que o país obteve nesse meio tempo, vemos que em 2017 ocupava o 26º lugar no ranking; no ano de 2018 o 21º lugar; em seguida o 16º lugar no ano de 2019. Com esses fatores, podemos concluir que negócios com energia solar são extremamente promissores e lucrativos dentro do território brasileiro, como também mundial. (PORTAL SOLAR, 2020).

4.2.8. Incentivos existentes

Embora as tecnologias voltadas à geração de energia solar fotovoltaica ainda estejam em níveis iniciantes, muitos incentivos aplicados ao melhor uso dessas fontes são possíveis de notar no Brasil, esses, buscam um melhor aproveitamento de fontes de energia, junto a um melhoramento em questões de eficiência energética, como a

solução de diferentes problemas relacionados aos processos de geração. Dentre alguns incentivos, podemos citar: (NASCIMENTO, 2017).

a) A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) – criada em janeiro de 2013, com o principal objetivo de incentivar o mercado, derrubando barreiras do setor de energia solar do Brasil, defendendo o interesse da indústria; (PORTAL SOLAR, 2020).

b) O chamado ‘Solcial’ foi o primeiro programa social de energia solar do Brasil, que apresenta o objetivo principal de dar acesso a todos à fonte de energia solar Fotovoltaica no Brasil. (PORTAL SOLAR, 2020);

c) O estado de Minas Gerais foi o primeiro estado do país a isentar ICMS em suas faturas para geração de energia Solar. (PORTAL SOLAR, 2020);

d) Com o intuito de divulgar e incentivar a utilização de fontes de fotovoltaicas fora criado também o Instituto Ideal. (PORTAL SOLAR, 2020);

e) A Caixa Econômica possibilitou a compra de sistemas de energia solar com o “Construcard”. (PORTAL SOLAR, 2020);

f) Com estudos, foi desenvolvida, aprimorada e divulgada a Atlas Solarimétrico Brasileiro, mapeando todos os índices de recursos solares em todo território nacional. (PORTAL SOLAR, 2020);

g) Em 2014, foi realizado o primeiro leilão de energia Solar no Brasil, contratando 1.000MW médios aproximadamente, sendo um alto sucesso. (PORTAL SOLAR, 2020);

h) Para divulgar, incentivar e promover o crescimento da utilização de energia solar no país foi criado o Portal Solar, que passou a juntar empresas de energia solar e clientes interessados nos negócios. (PORTAL SOLAR, 2020);

i) Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW, assim seriam aplicados grandes descontos diretamente relacionados na produção e consumo de energia. (NASCIMENTO, 2017);

j) Venda Direta a Consumidores Especiais (carga entre 500 kW e 3.000 kW) para geradores de energia de fonte solar e demais fontes renováveis, com potência injetada inferior a 50.000 kW. Na aquisição da energia, os consumidores especiais também fazem jus a desconto nas tarifas de uso. (NASCIMENTO, 2017);

k) Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): fonte de recursos para projetos realizados pelas empresas do setor elétrico e aprovados pela ANEEL relacionados com desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. (NASCIMENTO, 2017);

l) Diferentes situações de financiamento por meio de bancos e outras empresas como o caso do BNDES que busca financiar até 80% dos itens financiáveis voltados à energia solar, como 70% para outras fontes de energias renováveis. (NASCIMENTO, 2017);

m) Inova Energia: que apresenta ser uma iniciativa destinada à coordenação de movimentos voltados ao desenvolvimento e aprimoramento de diferentes objetos fornecidos pela FINEP, BNDES E ANEEL, que possui a finalidade de apoiar empresas brasileiras no desenvolvimento e no aprimoramento de domínio tecnológico de diferentes energias renováveis, como solar fotovoltaica, termo-solar, além de eólica para geração de energia elétrica. (NASCIMENTO, 2017).

Com esses exemplos podemos notar muitos incentivos voltados à fonte solar no país. Com eles podemos notar um grande desenvolvimento nessa área. (NASCIMENTO, 2017).

Percebe-se, portanto, grande número de incentivos para desenvolvimento da fonte solar no país. A partir dos incentivos concedidos, observa-se um avanço no desenvolvimento da geração solar fotovoltaica. Ressalta-se que os projetos de geração de energia solar fotovoltaica dividem-se em projetos de geração centralizada, com usinas de maior porte, e de geração descentralizada, a chamada geração distribuída, localizada em casas, edifícios comerciais e públicos, condomínios e áreas rurais, sendo que a expansão no país será analisada de forma separada. Apesar do grande número de incentivos para desenvolvimento da geração solar fotovoltaica e dos resultados obtidos nos últimos anos, ainda há muito que precisa ser feito para que a fonte solar se consolide na matriz energética nacional. (NASCIMENTO, 2017).

5. ESTUDOS DE CASO.

Como citado, vemos em todo mundo distintas políticas e incentivos para uma promoção do uso e acessibilidade de novas práticas sustentáveis na economia, seja na geração de energia elétrica ou em cadeias de produção.

Com isso, as próximas etapas para a adoção de um modelo circular de economia para sistemas fotovoltaicos, é analisar empresas dentro do setor que possuem políticas e métodos que forneçam maior acessibilidade de adoção desses sistemas, e se baseando nas mesmas, é possível contribuir com o progresso de um futuro sustentável, de forma que a geração de energia por tecnologias fotovoltaicas e outras fontes renováveis se torne cada vez mais presentes na matriz energética mundial, gerando empregos e mudando as relações de serviços e produtos no setor.

No mundo podemos ver diferentes negócios aplicando filosofias de modelos circulares de negócios, como por exemplo:

5.1. Signify – Eindhoven, Holanda.

Atualmente, uma empresa localizada em Eindhoven na Holanda, chamada Signify, líder mundial em iluminação, vem lançando dois diferentes tipos de luminárias para vias públicas, atendendo os requisitos da economia circular, onde essas são simples de instalar e de se realizar manutenção, podendo, além disso, serem conectadas a sistemas de Monitoramento de Cidades como o Interact City (totalmente relacionada a tópicos de IoT, Big Data etc.). (Euronext, 2020).

De acordo com Harsh Chitale, líder da Unidade de Negócios Profissional na Signify, “Nosso modelo atual de economia de desperdício não é sustentável. Tenho orgulho de que, com essas duas novas gerações de iluminação pública, estamos liderando a indústria da iluminação para esse novo modelo econômico, o que nos permitirá estender o uso de materiais, evitar a destruição de recursos e apoiar nossos clientes na implementação de tecnologias mais sustentáveis”, e completa “Circularidade será um dos requisitos principais do cliente na tomada de decisões sobre atualização da iluminação pública juntamente com a crescente atenção a iniciativas sustentáveis em todo o mundo”. (Euronext, 2020).

Os equipamentos distintos, denominados Luma e Iridium, como podemos ver em ‘Figura 49’ possuem uma eficácia de 160 Lúmen/Watt e 155 Lúmen/Watt consecutivamente, tornando-as melhores da categoria LED em suas respectivas faixas. Além disso, possuem um componente denominado GearFlex, que permite a abertura, manutenção e acompanhamento do desempenho das luminárias, através de meios de conectividade com diferentes redes, estendendo ao máximo sua vida útil

que, aproximam-se de mais de 100.000 horas de duração. E em caso de possibilidade de descarte dos equipamentos, estes são projetadas para serem facilmente recicláveis. (Euronext, 2020).

Desta forma, as novas gerações destes dois modelos Luma e Iridium, como mostradas na figura 20 vêm cumprindo os requisitos da economia circular em termos de eficiência energética, seja na aplicação, manutenção, conectividade, longa vida útil e grande facilidade a serem reciclada. (Euronext, 2020).



Figura 49 - Luminárias para Vias Públicas Philips Luma / Iridium

Fonte: EURONEXT, 2020.

5.2. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

Analisando o cenário mundial, visando fatores como o ritmo de crescimento populacional, diretamente proporcional ao de produção e consumo, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) vem efetuando estudos e eventos objetivando divulgar os princípios da economia circular. (CNI, 2019)

Dentro dessas iniciativas, a CNI vem realizando grande esforço para ampliar a adoção e criar um movimento de mobilização, englobando todas as esferas, incluindo distintos setores, como governos, associações e empresas de todas as áreas. (CNI, 2019)

Um dos exemplos de iniciativa está presente na ‘Figura 50’, que mostra a ‘capa’ de uma das apostilas da empresa e conforme Mônica Messenberg, Diretora de Relações Institucionais da CNI “É necessária uma articulação maior entre setor produtivo, governo, sociedade e academia para buscarmos novos modelos de negócio que estimulem a economia circular”. (CNI, 2019)

Com isso, a entidade protege a adoção de novos meios de negócios, valorizando a funcionalidade dos produtos, implantação de sistemas de triagem de resíduos para reciclagem e a criação de novos espaços de cooperação entre empresas que operam no mesmo território, “É preciso criar políticas de estímulo para o reuso, a reciclagem, a gestão de resíduos e a redução de emissões de gases poluentes”, ressalta Mônica. “Afinal, tudo o que é novo precisa de incentivo para se tornar atrativo.” (CNI, 2019)

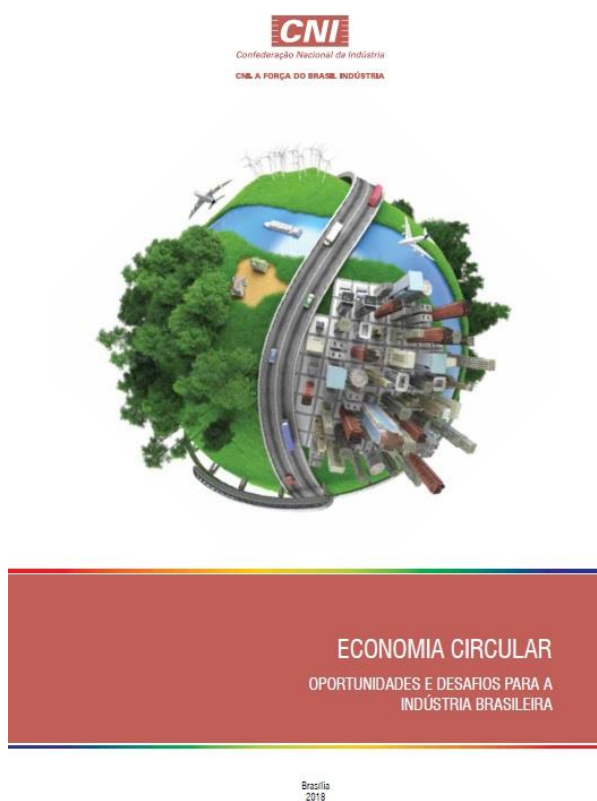


Figura 50 - Proposta Economia Circular CNI.

Fonte: CNI, 2019.

5.3. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) – Seguro de Performance Energética.

Como um meio para dar maior segurança na performance energética, minimizando inseguranças a adoção dos sistemas e garantindo retorno de

investimento de pequenas e médias empresas em projetos voltados a eficiência energética e instalações geradoras de energia por tecnologias fotovoltaicas, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, lançou na quarta-feira do dia (03/03/2021) um modelo de “seguro” que busca atender todas essas questões, muito comuns na implantação dos sistemas. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

Temos a existência desses modelos funcionando em países da Europa, disponível em países vizinhos como o Chile, Colômbia, El Salvador, México e Peru. O seguro visa o pagamento do valor previsto em contrato correspondente à redução no consumo de energia em projetos de eficiência energética, e em instalações fotovoltaicas, à geração elétrica, caso tais indicadores não sejam atingidos por problemas de desempenho do projeto ou de equipamentos presentes. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

Conforme dito pelo representante do Grupo BID no Brasil, Morgan Doyle: *“Muitas vezes, projetos relevantes, por exemplo, de instalação de painéis solares, são postergados por medo de os investimentos não gerarem economia. Ao garantir o desempenho desses projetos, queremos incentivar o crescimento de um mercado com potenciais óbvios em termos ambientais e econômicos, sobretudo para as pequenas e médias empresas”*. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

Como prioridade identificada pelo BID, devido a sua alta participação e peso na economia do País, temos as pequenas e médias empresas. Dados afirmam que o seguimento de PMEs representa 99,5% das empresas e 58% dos empregos formais no Brasil, e conforme o banco, tendem a ganhar espaço nos orçamentos ao adotarem iniciativas de otimização de seus custos com eletricidade. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

5.3.1. Contratação.

Dentro dos processos contratuais, o tomador do seguro é fornecedor de soluções energéticas aos beneficiários, formados pelas PMEs, que adotam os serviços de eficiência e geração energética. A contratação do seguro é realizada com seguradoras conveniadas ao programa. Atualmente, temos apenas uma empresa existente no Brasil, a Invest, e o BID, que visa ser indutor desse mercado, e com o tempo é estimado que mais seguradoras venham a oferecer tais produtos. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

As expectativas são de que os seguros venham oferecidos em parcerias com bancos privados, que com garantia oferecida pelo modelo, obterão maior segurança no fornecimento de créditos para investimentos em eficiência energética. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

Segundo previsões da ABSOLAR, os investimentos na fonte solar fotovoltaica devem ultrapassar a cifra de R\$ 22,6 bilhões em 2021, ao somar os recursos destinados à grandes usinas (geração centralizada) e aos sistemas de menor porte instalados em telhados, fachadas de edifícios e pequenos terrenos, ou conhecidos como geração distribuída. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

No ramo de geração distribuída, alvejado principalmente por parte de projetos de PMES, é estimado pela ABSOLAR investimentos de R\$ 17,2 bilhões, com uma previsão de crescimento de 90% em capacidade instalada, chegando a aproximadamente 8,3 GW de sistemas instalados. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2021).

5.4. Vision Energia – Consórcio solar de 1MW na cidade de Minas Gerais.

A implantação da Usina Solar Fotovoltaica Capitão Enéas, no dia 4 de junho de 2020, com 1 MW de potência instalada na cidade de Capitão Enéas em Minas Gerais a 471 quilômetros de Belo Horizonte trará uma economia na fatura de energia de 50 empresas da região, além de gerar diversas vagas de emprego. (CANAL SOLAR, 2020).

A usina desenvolvida pela Vision Energia apresenta 2,4 mil módulos fotovoltaicos da Canadian e 7 inversores de frequência do modelo Sunny HighPower PEAK3 de 150 kw e 20kw da SMA, como apresentado em 'Figura 51'. A empresa especializada na instalação e gerenciamento de usinas solares, teve investimentos por volta de R\$ 6 milhões e irá atender empresas, condomínios e indústrias da região com o serviço de locação de cotas de energia geradas pela usina (adoção de serviços como produto). (CANAL SOLAR, 2020).

Conforme o CEO da Vision Energia Júlio Kierulff, as vantagens para a adoção do sistema são inúmeras: *“Os benefícios para as empresas que aderem ao consórcio solar são inúmeros. Entre eles, o de não precisar investir em equipamentos próprios*

para a geração de energia, economia a longo prazo e recebimento de energia contínua garantido pela concessionária.” (CANAL SOLAR, 2020).

Em futuros projetos, o investimento total será de aproximadamente R\$100 milhões, onde as próximas Usinas a serem instaladas serão: Francisco de Sá (2,5 MW), Itaobim (2,5 MW), Mateus Leme (2,4 MW), Arcos (2,5 MW), Iguatama (2,4 MW), Curvelo (2,0 MW) e Amenara (2,0 MW). Onde ao totalizar, todas as usinas virão a gerar mais de 3,4 milhões de KWh por mês, o suficiente para abastecer cerca de aproximadamente 23 mil residências. (CANAL SOLAR, 2020).



Figura 51 - Usina Solar Capitão Enéas.

Fonte: CANAL SOLAR, 2020.

6. CONCLUSÃO.

Em nosso cenário mundial, vemos que a produção e a necessidade de energia utilizada nos processos aumentam para suprir o crescimento populacional, e o desenvolvimento tecnológico contribui para aperfeiçoar processos, acelerar a produção, gerar ganho de capacidade fazendo com que a exploração dos recursos naturais se torne mais rápida e intensificada. Os custos são otimizados e desencadeando um alto patamar produtivo. Porém, extraímos recursos em uma velocidade tão rápida que o meio ambiente se torna incapaz de se regenerar, o que acaba ocasionando um desgaste das reservas naturais, provocando a escassez de recursos e a indisponibilidade de matéria-prima para a indústria.

É notável que o mercado voltado para energias renováveis vem sendo fomentado cada vez mais ao decorrer dos anos em todo mundo, principalmente

quando tratamos energia solar fotovoltaica. Com isso é visto um grande avanço tecnológico e econômico nas distintas áreas do setor, sejam voltadas a geração de energia por fontes alternativas e renováveis, desenvolvimento de novas tecnologias, e por fim, análises e estudos de novas soluções para questões energéticas visando o aumento da eficiência de processos já existentes.

E junto a esse vasto mercado a ser explorado, vemos uma grande necessidade e variadas possibilidades em alterar negócios existentes e aplicar novos modelos de negócios baseados nos fundamentos de uma economia circular no mercado de Energia Solar Fotovoltaica.

Em quesitos ambientais, teríamos uma solução para nosso modelo linear de economia atual, que é altamente nocivo ao meio ambiente, pois com nosso modelo de economia atual, não temos a recuperação dos recursos naturais extraídos da natureza além de altos índices de poluição seja pelo descarte inadequado e excessivo de produtos ou processos ineficientes para abastecimento da demanda, seja de insumos ou energética da população.

Analisando fatores socioeconômicos, ao aplicar modelos de economia circular junto as novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas ou aprimoradas dentro do Cenário Fotovoltaico, é visto uma criação de novos modelos de negócios gerando novas empresas e empregos dentro do setor, onde fornecedores se tornam criadores de soluções, onde em um mundo interdependente e conectado, é necessário buscar parceiros e aprender a trabalhar em colaboração. E por fim, todos esses processos quando trabalhados em conjunto, temos uma grande geração de valor, uma vez que o diferencial competitivo não é mais baseado apenas em custos e qualidade de produto e serviços e sim, na geração de valor: adquirida através do trabalho da efetividade de sistemas e a garantia de boas experiências aos clientes, fornecendo e suprindo a demanda energética da população (que tende a crescer cada vez mais) de maneira eficiente e sustentável.

Com isso, seria possível entrar em um novo cenário econômico, social e ambiental, contribuindo com a geração de empregos, uma grande economia de recursos materiais (como o caso de combustíveis fósseis), o desenvolvimento de novas tecnologias e relações de consumo, um cenário que se encontra essencial para o progresso e prosperidade da humanidade e ecossistemas de nosso planeta.

7. BIBLIOGRAFIA.

ACHTERBERG, Elisa; HINFELAAR, Jeroen; BLOCKEN , Nancy. The Value Hill Business Model Tool: identifying gaps and opportunities in a circular network, 2016. – Acesso em: 15 Jun. 2021

ANDERSEN, M. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. Sustainability Science, 2, 1, :133-140 -2007. - Acesso em: 25 Jul. 2021

AUSUBEL, J.H. Industrial Ecology: reflections on a colloquium. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Washington – DC, 89 (3), 879-884 – 1992. BENYUS, J. M. Biomimicry. William Morow. New York: 2002. 320 p. C2CPII. Cradle to Cradle Product Innovation Institute. Disponível em: <http://www.c2ccertified.org/> CAPITAL INSTITUTE. 8 Principles of a regenerative economy. Disponível em: <<https://capitalinstitute.org/8-principles-regenerative-economy/>>. Acesso em: 27Jul. 2021

BID lança seguro para garantir retorno de investimentos em eficiência e solar - <https://www.istoedinheiro.com.br/bid-lanca-seguro-para-garantir-retorno-de-investimentos-em-eficiencia-e-solar/> - Acesso em 09. Mai. 2021

BIOS. Site. 2019. Disponível em: <<https://urnabios.com/incube/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

BSI Group. Executive Briefing: BS 8001 – a Guide. Disponível em: <https://www.bsigroup.com/Sustainability/BS8001_Executive_Briefing.pdf>. Acesso em: 16 Ago. 2021

CARLSON, Rachel. Silent Spring. USA: Houghton Mifflin; 1962. - Acesso em: 19 out. 2020

CENTURE. Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth, p.10-11 -2014. Acesso em: 25 Jul. 2021

CIRCLE ECONOMY. Master Circular Business with the Value Hill. Disponível em: <<https://www.circle-economy.com/news/master-circular-business-with-the-value-hill>>. Acesso em: 15 Jun. 2021

Consórcio solar de 1 MW em Minas Gerais vai atender 50 empresa - https://canalsolar.com.br/consorcio-solar-de-1-mw-em-minas-gerais-vai-atender-50-empresas/?gclid=CjwKCAjw3pWDBhB3EiwAV1c5rKz9GCOZDt0ZLxmmwPVWlZluMjJQgSq61h_elv_kiuJuu-GrHoujyRoCr4YQAvD_BwE - Acesso em 09. Mai. 2021

Contrate1Desempregad@. Desenvolvimento Sustentável criará novas profissões. 2018, julho. Disponível em: <<https://www.c1d.com.br/single-post/2018/07/25/Desenvolvimento-Sustent%C3%A1vel-criar%C3%A1-novas-profiss%C3%B5es>>. Acesso em: 16 Ago. 2021

Descrição do Projeto: Fornecimento de materiais e mão de obra para execução de instalações elétricas e de instrumentação da termoeletrica PECÉM - <http://gtel-sp.com.br/pt/portfolio-items/mpx-pecem-ii-geracao-de-energia-s-a/> - Acessado em 24/02/2021.

Economia Circular Revoluciona Formas de Produzir e Consumir - <https://valor.globo.com/patrocinado/cni/noticia/2019/09/20/economia-circular-revoluciona-formas-de-produzir-e-consumir.ghtml> Acesso em: 11 Set. 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Diagrama sistêmico. 2017. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/diagrama-sistemico>>. Acesso em: 18 Jun. 2021

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Economia Circular. Conceito. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. - Acesso em: Acesso em: 17 Jun. 2021

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. The Circular Economy: Rethinking Progress. 2017. Vídeo (3:48). Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>>. Acesso em: 21 Jul. 2021

Energia Solar no Brasil - <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html#:~:text=O%20uso%20da%20energia%20solar%20fotovoltaica%20no%20Brasil%20atingiu%2030,45%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202018> – Acesso em 17. Mar. 2021.

FIEMG. Programa Mineiro de Simbiose Industrial: 405 oportunidades de negócios. 2016, março. Disponível em: <<https://www7.fiemg.com.br/noticias/detalhe/programa-mineiro-de-simbiose-industrial-405-oportunidades-de-neg%C3%B3cios>>. Acesso em: 06 Ago. 2021

HOLLAND CIRCULAR HOTSPOT. Site. Disponível em: <<https://hollandcircularhotspot.nl/en/cases/?category=other>>. Acesso em: 06 Ago. 2021

I FIX IT. Site. Disponível em: <<https://pt.ifixit.com/>>. Acesso em: 02 Set. 2021

IKEA. Vallentuna Modular Sofa. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GFfRgxeSgj8>>. Acesso em: 20 out. 2020

LÂMPADA INCANDESCENTE 100W - <https://www.lumitecfoto.com.br/lampada-incandescente-100w.html> - Acessado em 24/02/2021.

LEMILLE, Alex. Citação. Kaleydos. 2017. Disponível em: <http://www.kaleydos.com.br/economia-circular-e-bom-para-os-negocios/>. Acesso em: 02 Set. 2021

MANAGEMENT SCOPE. The Netherlands as circular hotspot – The Netherlands. Revista Management Scope special. 2016, abril. Disponível em: <https://managementscope.nl/special/nlch>. Acesso em: 06 Ago. 2021.

O que é Célula Fotovoltaica? - <https://ecowattsenergiasolar.com.br/voce-sabia> - Acesso em 06. Mar. 2021.

O que é economia circular? - <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/o-que-e-economia-circular/#:~:text=A%20economia%20circular%20tamb%C3%A9m%20contribui,recupera%C3%A7%C3%A3o%20de%20recursos%20e%20virtualiza%C3%A7%C3%A3o>. – Acessado em 24/02/2021.

Outorgas e Registros de Geração - http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKli7qcJG/content/%20registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808 - Acesso em 26. Abr. 2021.

PEARCE, D. & ATKINSON, G. Measuring Sustainable Development. Bromley, D. W. Handbook of Environmental Economics, Blackwell, Uk e USA-, 1995 p.166-181. - Acesso em: 23 Jul. 2021

REN N° 687/2015 - <http://www.solcentral.com.br/legislacao/ren-687/> - Acesso em 26. Abr. 2021.

Resolução Normativa – 482 – <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> - Acesso em 26. Abr. 2021.

Saiba como funcionam as cooperativas e os consórcios de energia solar - <https://canalsolar.com.br/saiba-como-funcionam-as-cooperativas-e-os-consorcios-de-energia-solar/> - Acesso em 08. jun. 2021.

SCHUCH, Alice BEYER. Cadena de Moda Circular. 2016. Disponível em: <https://www.slowfashionnext.com/blog/2016/12/29/reciclaje-materias-la-circularidad/>. Acesso em: 02 Set. 2021

SEBRAE. Biomimética: o que é e ideias de negócio. Disponível em: <<http://inovacaosebraeminas.com.br/biomimetica-o-que-e/>>. Acesso em: 19 out. 2020

SEGURANÇA NAS INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS -
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fblog.phoenixcontact.com%2Fmarketing-br%2Fseguranca-fotovoltica%2F&psig=AOvVaw0NjRYWeZXIP7GPQlgQWohM&ust=1614224063352000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCIDY57HLge8CFQAAAAAdAAAAABAD> -
Acessado em 24/02/2021.

Signify leva Circularidade para as Ruas - <https://www.mtitecnologia.com.br/signify-leva-circularidade-para-as-ruas/> Acesso em: 11 Set. 2021

STEELCASE. The Think Chair. Disponível em: <https://www.steelcase.com/products/office-chairs/think/#features_smart>. Acesso em: 18 set. 2019. TCHIBO. Site. Disponível em: <<https://www.tchibo.de/>>. Acesso em: 12 Set. 2021

Tecnologias usadas comercialmente -
<http://solarqengenharia.com.br/index.php/2020/09/02/ola-mundo/> - Acesso em 06. Mar. 2021.

THE WORLD BANK. What is the Blue Economy? 2017. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2017/06/06/blue-economy>>. Acesso em: 02 Set. 2021

Tudo o que você precisa saber sobre a revisão da REN-482 -
<https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-revisao-da-ren-482>- Acesso em 26. Abr. 2021.

Você sabe a diferença entre módulos monocristalinos e policristalinos?
<https://infosolaris.com.br/2018/05/voce-sabe-a-diferenca-entre-modulos-monocristalinos-e-policristalinos/> - Acesso em 06. Mar. 2021.